# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 12 JUILLET 1937.

PRÉSIDENCE DE M. EMMANUEL LECLAINCHE.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 2 juillet 1937, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Henri Colin** pour occuper dans la Section de Botanique la place vacante par le décès de M. *L. Mangin*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Henri Colin** prend place parmi ses Confrères.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. le Professeur **Michel Plancherel**, de l'École Polytechnique de Zürich, M. **Richard de Misès**, Professeur de l'Université d'Istanbul, M. **Marcel Riesz**, Professeur de l'Université de Lund, et M. **William Threlfall**, Professeur de l'Université de Dresde, qui assistent à la séance.

M. **Émile Picard** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. Trajan Lalesco, intitulé *La Géométrie du triangle. La Géométrie d'Euler. La Géométrie récente. Les Théories générales. La Métrique du triangle*, avec une *Lettre* de M. Émile Picard et une *Préface* de M. Georges Tzitzéica.

## NOMINATIONS.

MM. **G. Urbain**, **J. Perrin**, **P. Langevin** sont désignés pour représenter l'Académie à la *Première réunion internationale de Physique et de Chimie*, au Palais de la Découverte, du 30 septembre au 7 octobre 1937.

M. H. **Vincent** est désigné pour représenter l'Académie dans la *Section de Médecine expérimentale* au Conseil supérieur de la Recherche scientifique.

## COMMISSIONS.

La Commission de la fondation Villemot pour l'année 1937, constituée conformément au règlement, comprendra MM. **E. Leclainche, A. Cotton, Ém. Picard, A. Lacroix; P. Montel, H. Villat, E. Esclangon, R. Bourgeois, R. Lespieau, Ch. Jacob, M. Molliard, P. Marchal, H. Vincent, M. d'Ocagne, P. Weiss, L. Guillet.**

## CORRESPONDANCE.

Le **Président** et les Membres du **Harvard College**, par l'organe de M. **E. Cartan**, font hommage à l'Académie d'un Volume intitulé *The Tercentenary of* Harvard College, *a Chronicle of the Tercentenary Year* 1935-1936.

GÉOMÉTRIE. — *Sur des faisceaux de courbes des trois barres.* Note [1] de M. **Anton E. Mayer**, présentée par M. Maurice d'Ocagne.

Étant donné dans le plan deux barres (manivelles) pivotant respectivement autour de leurs extrémités fixes $F_2$, $F_3$ tandis que les extrémités mobiles sont reliées par la base (bielle) d'un triangle rigide non dégénéré, on sait que le sommet opposé décrit une sextique tricirculaire dite *courbe des trois barres*. La courbe possède trois foyers $F_i$ ($i=1, 2, 3$), points de rencontre réels de ses tangentes aux points cycliques I, J, et, en se limitant au cas général, trois points doubles $D_i$. Une propriété caractéristique des triangles $\{D_i\}$, $\{F_i\}$ est leur inscription dans un cercle $c$, de telle sorte que leurs côtés $d_i$, $f_i$ soient tangents à une parabole [2]. Les courbes des trois barres admettant les mêmes triplets $\{D_i\}$, $\{F_i\}$ constituent, ainsi que S. Roberts [2] l'avait déjà remarqué, un *faisceau linéaire*

---

[1] Séance du 5 juillet 1937.

[2] S. Roberts, *Proc. London Math. Soc.*, 7, 1876, p. 14-23; A. Cayley, *ibid.*, p. 136-166 et *Coll. Math. Pap.*, 9, Cambridge, 1896, p. 551-580.

*ponctuel* $\mathcal{F}$ ; mais, autant que j'ai pu m'en rendre compte, de tels faisceaux n'ont pas, jusqu'à présent, été étudiés plus à fond ([3]), bien que l'on puisse fonder sur eux d'intéressantes constructions, ainsi que je l'ai développé ([4]) les démonstrations de la plupart des propositions que nous donnons par la suite s'y trouveront aussi contenues.

1° *Les tangentes aux courbes de* $\mathcal{F}$ *au point double* $D_i$ (supposé réel) *se correspondent dans une involution* $q_i$ à rayons doubles réels dont l'un est tangent à $c$ tandis que l'autre est la tangente de rebroussement d'une courbe de $\mathcal{F}$.

Pour que $q_i$ soit une symétrie, il est nécessaire et suffisant que $D_i = F_i$ et $d_i \diagdown f_i$ ([5]). Par suite, les trois involutions $q_i$ sont des symétries dans le cas, et seulement dans le cas, où $\{D_i\} = \{F_i\}$ ([6]), ce qui est équivalent au fait que $\mathcal{F}$ contient une courbe décomposée en trois paires de droites isotropes conjuguées.

2° Plus utiles du point de vue des constructions sont *les involutions déterminées par* $\mathcal{F}$ *sur les droites et sur les coniques à équations réelles* dénombrées ci-après :

(2.11) Les droites isotropes issues des points du triplet $\{F_i\}$ qui n'appartiennent pas au triplet $\{D_i\}$.

(2.12) Les droites $d_i$. Chacune d'elles est coupée par toute courbe de $\mathcal{F}$ en deux points variables (les points fixes mis à part) appartenant à une involution $Q_i$. $\mathcal{F}$ contenant une courbe double constituée par $c$ et la droite à l'infini IJ comptés deux fois, $Q_i$ est toujours une *symétrie*. Le point double à distance finie $T_i$ de $Q_i$ est la projection de l'orthocentre du triangle $\{F_i\}$ sur $d_i$. La courbe de $\mathcal{F}$, qui possède un rebroussement en $D_i$ vient toucher $d_i$ en $T_i$.

(2.21) Les cercles non réduits à un point dont le centre appartient au triplet $\{F_i\}$ et qui passent par un point, et un seul, de $\{D_i\}$.

(2.22) Les cercles qui contiennent deux points de $\{D_i\}$, et deux seulement, et dont le centre n'appartient pas à $\{F_i\}$. $\mathcal{F}$ découpe sur ces cercles

---

([3]) Même pas dans les travaux approfondis modernes sur les courbes des trois barres de G. T. Bennett et F. V. Mocley. Voir A. Haarbleicher, *J. Ec. Pol.*, 2e série, **31**, 1933, p. 13-40.

([4]) *Math. Zeitschrift*, **43** (sous presse).

([5]) En supposant une répartition convenable des indices.

([6]) Cas important pour la synthèse de mécanismes; voir H. Alt, *Z. angewandte Math. u. Mechan.*, **1**, 1921, p. 373-398.

des *symétries*. Les involutions $Q_i$ peuvent en être considérées comme des cas limites.

3° Si l'on établit entre deux des involutions $Q_i$, disons entre $Q_1$ et $Q_2$, *une relation faisant correspondre entre eux les couples de points de* $Q_1$ *et* $Q_2$ *situés sur la même courbe de* $\mathcal{F}$, la correspondance ainsi définie *est une homographie ;* pour la connaître, il suffit de mettre en évidence les points de rencontre de $d_1$ et $d_2$ avec trois courbes de $\mathcal{F}$ : la courbe décomposée en $c$ et IJ comptés deux fois fournit aisément un couple, et il en est de même des autres courbes décomposées de $\mathcal{F}$, s'il s'en présente (cf. 1° et 4°).

4° Il peut arriver que les homographies entre les $Q_i$ soient simplement des *congruences ;* dans ce cas toute courbe de $\mathcal{F}$ découpe sur les droites $d_i$ des segments égaux. Cette propriété pour le faisceau [appelons-la (4.1)] est équivalente à l'une quelconque des propriétés suivantes :

(4.2) $\mathcal{F}$ contient une courbe décomposée en trois cercles réels.

(4.3) $\{F_i\}$ est le triangle médian, $\{D_i\}$ le triangle orthique et $c$ le cercle de Feuerbach d'un seul et même triangle.

(4.4) $\mathcal{F}$ contient une courbe des trois barres dont les points doubles sont points de rebroussement.

5° Comme jusqu'à présent on ne connaît de telles courbes guère plus que leur existence ([1]), nous allons indiquer quelques propriétés des *courbes des trois barres à trois rebroussements*.

Les trois points $D_i$ étant fixés, il existe quatre courbes des trois barres les admettant comme rebroussements. Deux quelconques d'entre elles ont un foyer en commun, tandis que les autres foyers occupent des positions diamétralement opposées sur $c$. Chacune des régions limitées dans le plan projectif par les droites $d_i$ contient une de ces courbes; celles situées dans les régions non bornées comprennent deux branches distinctes; la quatrième admet une ou deux branches, le cas de passage étant constitué par une courbe unicursale.

Toute courbe des trois barres à trois rebroussements $\Gamma$ touche aux points $T_i$ aussi bien les droites $d_i$ que les cercles inscrits ou exinscrits de $\{D_i\}$ situés dans les régions ne contenant pas $\Gamma$. En outre, $\Gamma$ est tangente au cercle de centre $F_i$ passant par $D_i$ ([7]), lorsque celui-ci n'est pas réduit à un point, le point de contact étant son second point de rencontre avec $D_iT_i$. Cette droite $D_iT_i$ contient un point de Nagel de $\{D_i\}$. Les tan-

---

([7]) La correspondance entre les indices étant celle impliquée par (4.3).

gentes de rebroussement de Γ concourent en un point qui est le conjugué isogonal de ce point de Nagel relativement à $\{D_i\}$.

Les trois systèmes engendrant Γ ont des bielles dont les longueurs sont respectivement les moitiés de celles des côtés de $\{D_i\}$.

THÉORIE DES VARIÉTÉS NON HOLONOMES. — *Étude ultérieure d'un faisceau de transformations infinitésimales* [1]. Note [2] de Mme **Christiane Pauc**, présentée par M. Élie Cartan.

Nous voulons généraliser, au cas d'une variété non holonome $V_n^m$ d'un espace de Riemann $V_n$, la considération des *transformations infinitésimales géodésiques* introduites par M. Vessiot [3] dans l'étude d'un tel espace. Elles indiquent la variation de tout élément linéaire issu d'un point M, suivant une loi dépendant du déplacement de M et qui n'est autre que la loi du transport parallèle de Levi-Civita; la notion de courbure riemannienne de l'espace se trouve directement introduite par leurs crochets.

Dans une $V_n^m$, les courbes géodésiques sont données par

$$du^h = \gamma_{k,l}^h u^k ds^l \qquad \text{où} \quad u^h = \frac{ds^h}{ds},$$

et il est naturel de prendre cette formule pour loi de transport parallèle des vecteurs intérieurs à la variété, $u^h \Lambda_h$, déplacés tangentiellement à elle $(ds^l)$. [*Parallélisme intérieur* [4]].

Généralisons-la, suivant un déplacement quelconque $(ds^h, ds^{h'})$, et pour un vecteur également quelconque issu de M, $u^\alpha \Lambda_\alpha$.

On pourra prendre

$$du^\alpha = \gamma_{\beta\gamma}^{\star\alpha} u^\beta ds^\gamma,$$

avec

$$\left.\begin{aligned} \gamma_{k\gamma}^{\star h} &= \gamma_{k\gamma}^h \\ \gamma_{k'\gamma}^{\star h'} &= \gamma_{k'\gamma}^{h'} \end{aligned}\right\} \qquad \gamma_{k\gamma}^{\star h'} = \gamma_{k'\gamma}^{\star h} = 0 \qquad (\gamma \text{ est, ou non, accentué}),$$

pour que soient respectés dans ce transport :

1° le caractère de vecteur intérieur et celui de vecteur extérieur;

2° les angles et les distances.

---

[1] Cf. ma Note des *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1027.

[2] Séance du 5 juillet 1937.

[3] E. Vessiot, *Journ. de Math.*, **8**, 1929, p. 251.

[4] G. Vranceanu, *Mém. des Sc. Math.*, **76**, 1936, p. 22.

Remarquons que ce transport, englobant le parallélisme intérieur ci-dessus défini, ne se confond pas avec le parallélisme à l'intérieur de $V_n$; mais que « le vecteur parallèle d'un vecteur intérieur (extérieur) est donné par la projection sur les congruences fondamentales (de non holonomie) du vecteur parallèle dans $V_n$ ». [*Connexion rigide* de MM. Schouten et Kampen [5].]

Les transformations infinitésimales, que l'on peut ainsi associer à celles d'un faisceau donné

$$X_h f = \Lambda_h^i \frac{\partial f}{\partial X^i},$$

seront

$$T_h f = \Lambda_h^i \frac{\partial f}{\partial x^i} + \gamma_{m,h}^a u^m \frac{\partial f}{\partial u^a} + \gamma_{m',h}^{a'} u^{m'} \frac{\partial f}{\partial u^{a'}}.$$

Les géodésiques de la $V_n^m$ en constituent les trajectoires principales. Le crochet de deux d'entre elles donne

$$[T_h f, T_k f] = w_{hk}^{l'} \left(\Lambda_{l'} \frac{\partial f}{\partial x^i}\right) - R_{m,kh}^a u^m \frac{\partial f}{\partial u^a} - R_{m',hk}^{a'} u^{m'} \frac{\partial f}{\partial u^{a'}},$$

où les $w_{hk}^{l'} = \gamma_{hk}^{l'} - \gamma_{kh}^{l'}$ sont les tenseurs de torsion ou d'intégrabilité et où les $R_{\mu,hk}^\alpha$ sont les coefficients à 4 indices de Ricci relatifs aux congruences fondamentales ($\alpha$, $\mu$ non accentués) ou de non holonomie ($\alpha$, $\mu$ accentués) :

$$R_{\mu,hk}^\alpha = \frac{\partial \gamma_{\mu h}^\alpha}{\partial s^k} - \frac{\partial \gamma_{\mu k}^\alpha}{\partial s} + \gamma_{\mu h}^b \gamma_{bk}^\alpha - \gamma_{\mu k}^b \gamma_{bh}^\alpha,$$

où $b$ est de même nature que $\alpha$ et $\mu$.

Le *dérivé du faisceau des transformations* T possède donc l'intérêt d'introduire directement les notions de *torsion* et *courbure*, par le fait que les T indiquent simultanément le déplacement du point et la variation des vecteurs qui lui sont attachés.

En effet, d'une part, le parallélogramme construit sur les déplacements $pq = ds^h \Lambda_h$, $pr = \delta s^k \Lambda_k$ a pour cinquième côté

$$st = - w_{h,k}^{l'} [ds^h, \delta s^k] \Lambda l',$$

et d'autre part le vecteur $u^\alpha \Lambda_\alpha$, transporté le long du parallélogramme non fermé *sqprt*, admet pour variations de projections

$$du^\alpha = R_{\mu,hk}^\alpha u^\mu [ds^h, \delta s^k].$$

---

(5) *Loc. cit.*, p. 33 et 35.

On calcule aisément, du reste, leurs variations le long du pentagone fermé *prtsqp*; les expressions $R^{\alpha}_{\mu,hk}$ se trouvent, en vertu de la loi de transport admise, remplacées par

$$R^{\alpha}_{\mu,hk} + \gamma^{\alpha}_{\mu l'} w^{l'}_{hk},$$

c'est-à-dire par les *tenseurs de courbure rigide* de M. Schouten.

Remarquons que les cas d'holonomie ($w^{l'}_{hk} = 0$) ramènent à la courbure riemannienne des variétés holonomes plongées dans un espace de Riemann (⁶).

Enfin, du fait que la loi du transport parallèle présente, mis à part le parallélisme intérieur, des arbitraires, il est possible d'imaginer autant de faisceaux prolongés $\mathfrak{T}$ que de connexions diverses dans la $V^m_n$. Dans chaque cas, le dérivé d'un tel faisceau introduit directement la torsion et la courbure d'une telle connexion.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la détermination du saut d'une fonction par le développement en série d'Hermite.* Note (¹) de M. **Jacob**, présentée par M. Hadamard.

M. Lukács (²) a démontré pour les séries de Fourier le théorème suivant : *Soit $f(x)$ une fonction intégrable de période $2\pi$ et soit*

$$f(x) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{\nu=1}^{\infty} (a_\nu \cos \nu x + b_\nu \sin \nu x) \tag{1}$$

*sa série de Fourier. Si la fonction $f(x)$ admet au point $x = a$ un saut $D_a$ défini par la formule*

$$\lim_{h=0} \frac{1}{h} \int_0^h |f(a+t) + f(a-t) - D_a| \, dt = \lim_{h=0} \frac{1}{h} \int_0^h |\Psi(t)| \, dt = 0, \tag{2}$$

*on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{\sigma_n(a)}{\log n} = \frac{D_a}{2\pi}, \tag{3}$$

*où $\sigma_n(x)$ est la $n^{\text{ième}}$ somme partielle de la série conjuguée à* (1).

---

(⁶) E. Cartan, *Mém. des Sc. Math.*, 9, 1925, p. 48.

(¹) Séance du 21 juin 1937.

(²) F. Lukács, *Crelles Journal*, **150**, 1920, p. 107-112.

Je me propose d'établir ici un théorème analogue pour les développements en série d'Hermite.

Théorème I. — *Si $f(x)$ et $e^{-\frac{x^2}{2}}|f(x)x^{-1}|$ sont intégrables respectivement pour $|x| \leq a_1$ et $a_2 \leq |x| \leq \infty$, les nombres positifs $a_1$ et $a_2$ étant aussi grands qu'on le veut, mais fixes, et si*

$$(4) \qquad f(x) \sim \sum_{\nu=0}^{\infty} c_\nu \mathrm{H}_\nu(x), \qquad \text{où} \qquad c_\nu = \frac{1}{2^\nu \nu! \pi^{\frac{1}{2}}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-u^2} f(u) \mathrm{H}_\nu(u)\, du$$

*est le développement de $f(x)$ en série, d'Hermite, on a en chaque point $x = a$ où $f(x)$ admet un saut défini par la formule* (2),

$$(5) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{1}{\log n} \sum_{\nu=1}^{n} c_\nu \frac{\mathrm{H}'_\nu(a)}{\sqrt{\nu}} = \frac{\mathrm{D}_a}{\sqrt{2}.\pi}.$$

Comme on voit, la série $\sum_{\nu=1}^{\infty} c_\nu \frac{\mathrm{H}_\nu(x)}{\sqrt{\nu}}$ peut être considérée comme conjuguée à la série (4).

On peut démontrer ce théorème par l'application des formules asymptotiques bien connues pour les polynomes d'Hermite, mais j'en donne ici une démonstration plus courte, basée sur l'application d'un lemme arithmétique à un théorème de M. Kogbetliantz [3], que je vais généraliser au préalable comme suit :

Théorème II. — *Si $f(x)$ et $e^{-\frac{x^2}{2}}|f(x)x^{-2\delta-1}|$ sont intégrables respectivement pour $|x| \leq a_1$ et $a_2 \leq |x| \leq \infty$, les nombres positifs $a_1$ et $a_2$ étant aussi grands que l'on veut, mais fixes, on a pour tout $\delta > 0$ en chaque point $x = a$ où $f(x)$ admet un saut défini par la formule* (2)

$$(7) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{\nu=1}^{n} \left(1 - \frac{\nu}{n}\right)^\delta c_\nu \mathrm{H}'_\nu(a) = \frac{\Gamma(\delta+1)}{\sqrt{2\pi}\,\Gamma\left(\delta + \frac{3}{2}\right)} \mathrm{D}_a.$$

En posant

$$(8) \qquad \mathrm{S}'_n(a) = \mathrm{H}'_1(a) + \mathrm{H}'_2(a) + \ldots + \mathrm{H}'_n(a),$$

on a donc pour $\delta = 1$ :

$$(9) \qquad \lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{\mathrm{S}'_1(a) + \mathrm{S}'_2(a) + \ldots + \mathrm{S}'_n(a)}{n} = \frac{2}{3} \frac{\sqrt{2}}{\pi} \mathrm{D}_a.$$

---

(3) E. Kogbetliantz, *Transactions of the Americ. Math. Soc.*, 38, 1935, p. 10-47.

LEMME. — *Si*

(α) $$S_n = a_1 + a_2 + \ldots + a_n,$$

(β) $$S_n = o(\sqrt{n}\log n),$$

(γ) $$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\sqrt{n}} \frac{S_1 + S_2 + \ldots + S_n}{n} = s,$$

*on a*

$$\lim_{n=\infty} \frac{1}{\log n}\left[\frac{a_1}{\sqrt{1}} + \frac{a_2}{\sqrt{2}} + \ldots + \frac{a_n}{\sqrt{n}}\right] = \frac{3}{4} S.$$

Or, en chaque point où la relation (2) est remplie, on a en effet selon (8) :

$$S'_n(a) - D_a = O\left(\sqrt{n}\int_{\frac{1}{\sqrt{n}}}^{\varepsilon} \frac{|\psi(t)|}{t}\,dt\right) + O(\sqrt{n}),$$

d'où

$$S'_n(a) = O(\sqrt{n}\log n),$$

de sorte que les hypothèses du lemme se trouvent satisfaites. Le théorème I en résulte immédiatement.

Notons que le théorème de Lukacs pour les séries de Fourier peut être établi à l'aide d'un lemme analogue appliqué à la généralisation convenable d'un théorème de M. Sidon [4].

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur le comportement d'une fonction holomorphe et de ses dérivées dans un cercle.* Note de M. **CHI-TAI CHUANG**, présentée par M. Paul Montel.

Le problème de l'étude des conditions de normalité d'une famille de fonctions méromorphes admettant une valeur exceptionnelle et dont une dérivée admet une valeur exceptionnelle non nulle, proposé par M. Montel, a été traité par M. Valiron par sa méthode directe [1]. Cette méthode consiste à chercher les racines d'équations de la forme $e^{f(z)} = g(z)$, où $f(z)$ et $g(z)$ sont des fonctions holomorphes. M. Valiron a établi à cet effet une proposition (*loc. cit.*) qui complète le théorème de M. Bloch [2]. L'étude

[4] M. JACOB, *Bull. Intern. Acad. Pol. de Cracovie*, 1927, p. 287-294.

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 1825.

[2] *Annales Fac. Sc. Toulouse*, 3e série, 17, 1925, p. 1-22.

de certaines équations du type indiqué ci-dessus nécessite la connaissance de propriétés des dérivées $f^{(n)}(z) (n > 1)$, plus précises que celles données par M. Valiron dans son théorème. J'ai entrepris la recherche de ces propriétés, et j'arrive à l'énoncé suivant :

*Il existe des constantes positives* $\lambda, \alpha, \beta, \gamma, \gamma', \delta, \gamma_p, \delta_p$, *dépendant de* $k$ *et* $l$, *jouissant des propriétés suivantes. Si* $f(z)$ *est une fonction arbitraire holomorphe pour* $|z| < 1$, *telle que*

$$|f^{(n)}(0)| < \lambda |f^{(k+l)}(0)|, \quad |f^{(k+l)}(0)| \geq 1 \quad (n = 0, 1, \ldots, k-1, k \geq 1, l \geq 0),$$

*on peut trouver un nombre* $r$ *vérifiant les conditions*

$$\alpha < r < 1, \quad M(r, f) = \max_{|z|=r} |f(z)| > \beta,$$

*et au moins* $k$ *domaines simplement connexes* $D_i(f, \omega)$ $(i = 1, 2, \ldots, k)$, *sans points communs deux à deux, tels que :*

1° $D_i(f, \omega)$ *est complètement intérieur à la couronne* $r/5 < |z| < r$ *et, dans ce domaine, l'argument de* $z$ *varie de moins de* $3\pi/k$;

2° $f(z)$ *est univalente dans* $D_i(f, \omega)$ *et représente ce domaine sur la couronne fendue*

$$\frac{1}{4} M(r, f) < |Z| < \frac{1}{2} M(r, f), \quad |\arg Z - \omega| < \pi \quad (\omega \text{ arbitraire});$$

3° *Si* $1 \leq n \leq k$, *dans* $D_i(f, \omega)$, *l'argument de* $f^{(n)}(z)$ *varie de moins de* $3\pi$ *et l'on a*

$$e^{-3k^2} < \left| \frac{f^{(n)}(z)}{H^n f(z)} \right| < e^{3k^2}, \quad \gamma' < H < \gamma \left[1 + \overset{+}{\log} M(r, f)\right]^{\delta},$$

$H$ *ne dépendant que de* $k$, $l$, $f(z)$, *et* $r$;

4° *Si* $1 \leq n \leq p$, *on a, dans* $D_i(f, \omega)$,

$$|f^{(n)}(z)| < \gamma_p M(r, f) \left[1 + \overset{+}{\log} M(r, f)\right]^{\delta_p}.$$

Pour démontrer ce théorème, on distingue, avec M. Bloch, deux cas. Dans le premier cas, on emploie les méthodes utilisées par M. Valiron pour traiter les fonctions entières ([3]). Dans le deuxième cas, la méthode est celle de M. Bloch (*loc. cit.*), sous la forme modifiée donnée par M. Valiron ([4]).

---

([3]) *Annales de l'École Normale*, 3e série, 39, 1921, p. 389-429; *Lectures on the general theory of integral functions*, Chap. IV.

([4]) *Mathematica*, 4, 1930, p. 81-96.

MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Amplificateur mécanique à grandissement supérieur à 1000. Application à l'enregistrement de la déformation visqueuse des métaux à température élevée.* Note [1] de MM. **Pierre Chevenard** et **Eugène Joumier**, présentée par M. Émile Jouguet.

Certains essais industriels comportent l'enregistrement d'un très petit déplacement qui s'effectue en un temps très long : contrôle de la stabilité des calibres d'acier trempé, recherches sur le durcissement structural des alliages analysé par la méthode dilatométrique, étude de la déformation visqueuse des métaux aux températures élevées, etc. Les changements de longueur de l'éprouvette sont, en valeur relative, de l'ordre de $10^{-5}$ à $10^{-3}$, c'est-à-dire, en valeur absolue, de l'ordre de 1 à $100^{\mu}$. La durée des expériences peut atteindre plusieurs centaines et même plusieurs milliers d'heures : aussi, pour des raisons d'ordre pratique, convient-il de substituer l'enregistrement automatique du phénomène aux observations discontinues.

Parmi les amplificateurs des petits déplacements, certains, comme le microscope, se prêtent avec difficulté à l'enregistrement. D'autres, comme les appareils interférentiels, sont trop délicats pour résister sans déréglage aux chocs et aux trépidations des laboratoires industriels. D'autres, enfin, comme les dispositifs à lampes triodes, à cellule photoélectrique, sont exposés à subir une *dérive*, c'est-à-dire une modification progressive de leur sensibilité au cours d'un essai de longue durée. C'est pourquoi on recourt surtout aux appareils à levier optique ou mécanique.

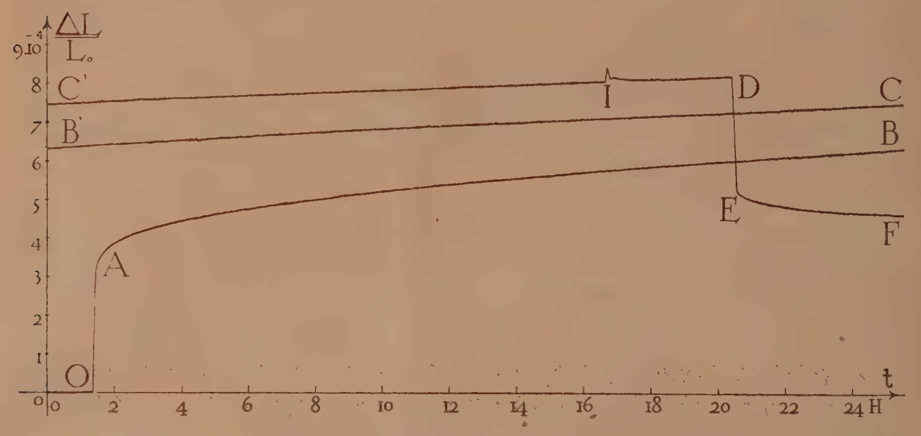
Un amplificateur à miroir (levier optique) est robuste, indéréglable et son grandissement atteint aisément plusieurs milliers. Mais, pour les très longues expériences, l'enregistrement photographique n'est pas sans inconvénient. A bien des égards on doit lui préférer l'enregistrement à l'encre sur papier : l'opérateur, qui voit le diagramme s'inscrire, peut alors intervenir en cas de perturbation, interrompre l'essai en cas d'insuccès, ou quand il a constaté le résultat attendu. Il est malheureusement difficile de donner à un amplificateur mécanique à leviers une sensibilité comparable à celle d'un amplificateur à miroir.

Avec un seul levier, le grandissement de 200 ne peut être pratiquement dépassé. En outre, la courbe tracée sur le tambour du chronographe, par la

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

plume terminant le levier, a pour ordonnées des arcs de cercle : il en résulte de sérieuses difficultés pour l'élaboration quantitative du diagramme « allongement-temps », en particulier pour le calcul de la vitesse à partir de la dérivée déterminée graphiquement. L'emploi d'un double levier pour accroître la sensibilité a pour principal inconvénient d'imposer aux organes de transmission des efforts de frottement considérablement multipliés. Par exemple, dans l'essai mécanique des métaux à haute température, ces efforts parasites risquent de provoquer la déformation visqueuse des tiges de silice qui reportent hors du four l'allongement de l'éprouvette, et de causer ainsi une erreur supérieure à la quantité à mesurer.




OA, allongement à la mise en charge; ABB'CC'D, allongement visqueux; DE, contraction due à la suppression de la charge; EF, contraction de réactivité sous charge nulle; I, accident causé par une interruption du courant de chauffage.

Pour surmonter la difficulté, il suffit de faire mouvoir le deuxième levier par un servomoteur électrique, commandé par un contact établi par le premier levier. Mais, sous peine de rendre illusoire le gain de sensibilité dû à l'emploi du double levier, le contact électrique doit se créer ou se rompre pour un déplacement extrêmement petit de la pointe terminale du premier levier. Or ce résultat n'est pas obtenu si le contact se produit entre la pointe et une lamelle portée par le deuxième levier.

Mais, si cette lamelle est remplacée par un disque qui tourne dans son propre plan, d'un mouvement continu ou alternatif, par le jeu du servomoteur, contact et coupure deviennent tout à fait francs. Le mouvement nettoie les surfaces frottantes ; il rompt la chaîne de fines particules déta-

chées de ces surfaces et qui tendent à prolonger le contact électrique, alors que le contact géométrique a cessé. En définitive, cet artifice assure une fidélité parfaite à l'amplificateur à double levier. Grâce au servomoteur, il n'y a plus à se préoccuper des frottements de la plume sur le papier : au lieu d'être fixée au bout du deuxième levier, la plume peut être portée par un coulisseau mobile sur une glissière rectiligne, de telle sorte que les diagrammes sont tracés en coordonnées rectangulaires.

Le diagramme donné à titre d'exemple représente la déformation visqueuse d'un acier doux maintenu sous charge et à température constantes : 5 kg : mm² à 550°. L'allongement $\Delta L$ de l'éprouvette est amplifié 1300 fois. Malgré l'épaississement du trait, causé par les trépidations, les fluctuations du régulateur thermostatique et l'absorption de l'encre par le papier, la courbe permet des pointés à 1/4 de millimètre près, ce qui correspond à une incertitude de $0^{\mu},2$ pour l'allongement de l'éprouvette. Mais surtout la direction moyenne de la courbe est très bien définie, de telle sorte que la vitesse de fluage, déduite de l'inclinaison de la tangente, peut être déterminée à moins de $1.10^{-6}$/heure près. Une telle approximation est largement suffisante pour des essais industriels.

MÉCANIQUE APPLIQUÉE. — *Compléments à la théorie de l'inflammation nucléaire sur le cognement dans les moteurs à essence.* Note [1] de M. **Max Serruys**, présentée par M. Émile Jouguet.

Dans des Notes antérieures et dans un Ouvrage récent [2], l'auteur a montré comment l'inflammation susceptible de se produire vers la fin de la combustion, dans la portion non encore brûlée du mélange carburé, pouvait être suivie : soit d'une détonation (dans le cas où l'inflammation intéresse un volume de l'ordre du centimètre cube par exemple et provoque la formation d'une onde détonante), soit d'une pseudo-détonation (dans le cas où l'inflammation n'intéresse qu'un volume très faible et constitue l'amorce d'une combustion déflagrante secondaire).

Ces prévisions ont été depuis lors confirmées par les expériences récentes de Boyd, Rassweiller et Withrow, et surtout par celles de Sokolik et

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1385 et 1574, et **199**, 1934, p. 830, et *La combustion détonante dans les moteurs à explosion* (*Publications Scientifiques et Techniques du Ministère de l'Air*, n° **103**, 1937).

Voïnov ([3]). Ces derniers ont provoqué artificiellement la pseudo-détonation et enregistré dans un moteur des vitesses de propagation de la flamme correspondant, à la précision des mesures près, à la valeur calculée par les formules de M. Émile Jouguet pour la célérité d'une onde détonante se propageant dans le milieu combustible considéré (2000 m/sec. environ).

Dans certains cas, la pseudo-détonation a été suivie de détonation véritable avant que la combustion soit terminée. Celle-ci apparaît dans ce cas comme comprenant trois phases :

1° une phase de propagation déflagrante de la flamme née de l'étincelle d'allumage;

2° une phase de pseudo-détonation, dans laquelle un nouveau front de flamme ayant pris naissance spontanément se propage suivant le mode déflagrant dans la région non encore brûlée;

3° une phase de détonation, dans laquelle se produit la combustion du reste du mélange non brûlé sous l'action d'une ou de plusieurs ondes détonantes.

Un tel processus de combustion est évidemment conforme aux prévisions de la théorie de l'inflammation nucléaire; mais on peut, en poussant plus avant les conclusions de celle-ci, prévoir d'autres processus plus complexes encore :

A. Il peut arriver en effet qu'un certain nombre de points d'inflammation apparaissent successivement dans la région non brûlée avant que la détonation véritable puisse se produire (multiples pseudo-détonations). Dans ce cas, la surface du front de flamme subira autant d'accroissements successifs entraînant en général une variation de pression de plus en plus rapide.

B. Il peut arriver aussi que les régions dans lesquelles les conditions d'inflammation se trouvent réalisées se déplacent plus rapidement dans les gaz non brûlés que ne le ferait une flamme déflagrante balayant la même région. Ce cas se trouvera réalisé par exemple si la pression augmente rapidement dans une région non brûlée possédant un gradient de température relativement faible.

On conçoit que dans ce cas le front de flamme puisse avoir une *célérité* supérieure à celle d'une flamme déflagrante, sans prendre forcément ou immédiatement l'allure détonante.

C. Il peut arriver que le mélange carburé considéré possède une vitesse

---

([3]) *Technique de la Flotte Aérienne*, 1936.

de combustion trop faible pour que la surpression qui doit donner naissance à l'onde détonante puisse se produire, même lors de l'inflammation d'un noyau homogène de dimensions relativement importantes. Dans ce cas, il y aura évidemment accélération des variations de pression au moment de l'inflammation du noyau, mais sans détonation.

D. Il peut arriver au contraire que, la vitesse de combustion du mélange carburé étant très grande, l'onde détonante puisse prendre naissance à la suite de l'inflammation d'un noyau gazeux assez petit.

E. Il peut arriver enfin que la vitesse de combustion du mélange carburé soit très fortement influencée par la pression. Dans ce cas, il est évident qu'une onde de pression qui traverse la flamme provoque une accélération de la combustion et que celle-ci tend à accroître l'intensité de la surpression propagée par l'onde. Cette augmentation d'intensité se reproduisant à chaque passage, on conçoit qu'un régime vibratoire puisse progressivement s'établir qui peut être décelé soit par l'enregistrement des pressions, soit par la photographie directe de la propagation de la flamme.

Toutes ces modalités de combustion semblent pouvoir exister effectivement dans le moteur. Quelques-unes ont été observées par des expérimentateurs divers ou par l'auteur.

Quoiqu'elles demeurent probablement d'une importance secondaire par suite du caractère assez exceptionnel des circonstances qui doivent se trouver réalisées pour qu'elles se produisent, il importait de montrer comment la *théorie de l'inflammation nucléaire* permet d'en prévoir l'existence et de rendre compte de leur mécanisme.

HYDRODYNAMIQUE EXPÉRIMENTALE. — *Sur les auto-oscillations de jets réels en milieu identique par autoplissements.* Note (¹) de M. F.-J. **Bourrières**, présentée par M. Marcel Brillouin.

Les auto-oscillations des jets fluides, qui sortent d'un ajutage et progressent dans un milieu indéfini de même nature, ont été étudiées, en fait, acoustiquement, par les *sons d'écoulement*. Les autoplissements correspondants ont été observés par divers expérimentateurs.

J'ai pu, aidé d'une analyse rigoureuse que je menais parallèlement, codifier des expériences relatives à de tels autoplissements plans.

(¹) Séance du 5 mai 1937.

J'ai constitué divers appareils donnant une portion horizontale de jet coloré dans l'eau, à *distribution parabolique des vitesses*. J'ai obtenu des plissements ambulants, maintenus plans par la simple proximité d'un plan horizontal poli.

Mon attention a été portée sur l'élimination (l'échappement) de la portion colorée de jet hors du champ d'observation.

Trois cas essentiellement distincts ont été constatés :

1° jet à *élimination simple* (butée nulle, appel nul à l'échappement);

2° jet à *butée*;

3° jet avec *appel fini* à l'échappement.

Dans le premier cas (fuite simple), on observe, à la suite d'une très légère perturbation (dès une vitesse de l'ordre de $1^{cm}$ par seconde pour une épaisseur de jet de $0,5^{cm}$), l'organisation d'une sinusoïde ambulante avec l'invariance approximative

$$\Lambda = 2,5\,D,$$

où $\Lambda$ est la longueur d'onde du plissement, D l'épaisseur du jet dans le plan de la sinusoïde. Cette relation est indépendante de la vitesse, de la nature du liquide, de sa viscosité et même de la coupe d'ajutage (si celle-ci est assez régulière). Ces indépendances avaient pu être analytiquement prévues, ainsi que la valeur 2,51 de la constante de proportionnalité, (sans coefficient expérimental particulier), en conformité avec des vues peu exploitées de Poinsot sur les *voûtes de points*, et en appliquant au mouvement les équations intrinsèques de fluide visqueux réel.

Dans le deuxième cas (butée de jet), les observations dépendent du nombre de Reynolds. Il existe une valeur critique de ce nombre voisine de $\mathcal{R} = 12,2$ (en cas de butée franche). Un peu au-dessous, on obtient une sinusoïde ambulante à amplification de plissement, intrinsèquement définie, et dont la longueur d'onde, fonction de $\mathcal{R}$, est *paradoxalement plus grande* que dans le cas du jet à simple écoulement. Au-dessus de $\mathcal{R} = 12,2$ le plissement de jet n'a pas, *par lui-même*, de périodicité. Je n'ai pas étudié avec soin le troisième cas.

En ce qui regarde l'*auto-entretien indéfini* de l'auto-oscillation de jet par autoplissement régulier, j'ai constaté le fait général suivant au voisinage du cas d'*échappement simple :*

En jet à *section circulaire*, l'auto-oscillation plane peut naître et s'organiser régulière, d'elle-même, par autoplissement, sur perturbation minime; mais elle s'amortit *toujours* peu à peu dans le temps, par exemple après passage d'une centaine de boucles ($v = 1$ cm par sec., D $= 0,5$ cm).

En jet *en lame* (soit d'origine, soit par aplatissement d'un jet primitivement circulaire), on peut obtenir, pendant des heures et des journées à la suite, sur une table suffisamment stable, des auto-oscillations régulières indéfiniment entretenues. Il suffit de disposer, *parallèlement* à la *nappe* de jet, une paroi plane.




1. Jet horizontal à section circulaire d'eau colorée au sein d'une masse d'eau, avec élimination simple. On peut vérifier A : D = 2,6. — 2. Jet à butée, mêmes conditions. On peut voir A : D = 4,4 > 2,5. — 3. Jet horizontal à section circulaire d'eau colorée dans l'eau, à élimination simple, laminé par un jeu de paroi et en auto-oscillation indéfinie A : D = 2,5 env. — 4. Jet à butée, mêmes conditions. On a A : D = 4 > 2,5 sur la partie laminée. — 5. Jet horizontal en lame, vu par la tranche (3$^{cm}$ × 0$^{cm}$,5), à élimination simple. Sa vitesse était de 3$^{cm}$ par seconde. On peut vérifier A : D = 2,5.

AÉRONAUTIQUE. — *A propos de l'incendie des ballons dirigeables.* Note de M. **Albert Milhoud**, présentée par M. Henri Villat.

Plusieurs hypothèses ont été faites pour tenter d'expliquer l'explosion des dirigeables, explosions qui se sont produites aussi bien en pleine évolution qu'au moment de l'atterrissage. Les éléments d'appréciation ayant toujours disparu, il paraît difficile d'en établir la cause exacte; il faut rester dans le domaine des suppositions.

D'une façon générale, les techniciens s'accordent à penser qu'on doit attribuer l'explosion à un phénomène électrique, les idées émises de l'auto-inflammation par la rupture de la charpente en duralumin ou de l'inflammation par les gaz d'échappement d'un moteur semblant écartées.

Il semble bien en effet que l'électricité y joue un rôle important et l'on

peut imaginer ce qui peut se passer en analysant les conditions dans lesquelles se trouvent les dirigeables au moment des accidents.

On a observé depuis longtemps l'effet de l'électricité atmosphérique : un ballon isolé dans l'atmosphère, c'est-à-dire dans un champ électrique d'intensité variable, se charge par influence à un potentiel qui peut atteindre, par rapport au sol, des valeurs très élevées. Il se décharge normalement dès que le guide-rope prend contact avec le sol. La rencontre des nuages, la pluie, le vent, l'orage rendent cet effet plus intense. Dans un dirigeable, présentant un grand allongement, l'électrisation est plus forte à l'arrière, c'est-à-dire vers la pointe, ce qui correspond à une distribution rationnelle des charges électriques à sa surface.

Les dirigeables, qui ont souvent évolué longtemps dans un orage, se trouvent ainsi, selon toute vraisemblance, fortement chargés d'électricité, c'est-à-dire dans un champ électrique à forte intensité.

Par ailleurs, on doit, pendant la manœuvre de descente ou d'atterrissage, laisser échapper du gaz par une soupape disposée dans le bas de l'un des ballonnets de l'arrière.

Je vais montrer que ces deux conditions, simultanément réalisées, peuvent donner une explication plausible des explosions.

En effet, le seul écoulement du gaz par une étroite ouverture peut provoquer une étincelle qui, éclatant dans un mélange de gaz et d'air, cause la catastrophe. Les circonstances dans lesquelles se produit ce phénomène sont connues. Il faut 1° que le gaz entraîne des gouttelettes d'eau, qui peuvent être extrêmement petites, et 2° que l'enceinte où se fait l'échappement soit telle que les gouttelettes subissent une brusque variation de tension superficielle. Plus est rapide cette variation et plus est élevée la force électromotrice produite, dont la valeur dépend d'une part de la pression du gaz dans le réservoir et aussi d'autres conditions physiques telles l'état électrique, l'état hygrométrique, la viscosité... du milieu où se fait l'échappement.

Dans une série d'expériences que j'ai faites, j'ai obtenu des tensions très élevées, plusieurs milliers de volts, par l'écoulement de la vapeur d'eau. J'ai étudié (¹) le processus de cette électrisation et je suis arrivé à ces conclusions que *n'importe quel fluide* s'écoulant par une petite ouverture peut produire une force électromotrice si les deux conditions que j'ai précisées ci-dessus sont remplies. Le rôle de la vapeur dans l'écoulement de la vapeur d'eau n'est que de véhiculer les particules liquides.

---

(¹) *Comptes rendus*, **198**, 1934, p. 1586, et *Thèse*, Paris, 1935.

Or l'hydrogène fabriqué industriellement contient toujours des traces d'eau, la première condition existe donc à l'échappement du gaz des soupapes. Pour la deuxième, on sait que la pression à l'intérieur des ballonnets est supérieure à la pression de l'air extérieur, la différence entre les deux pressions étant la pression apparente. Si faible que soit cette dernière, la variation brusque de la tension superficielle s'explique si l'on tient compte de l'état électrique où se trouve l'enveloppe au moment des accidents.

Comme l'a montré notamment J. J. Thomson (²), l'électrisation d'une goutte d'eau neutralise l'action de sa tension superficielle; dès que des gouttelettes arrivent dans un milieu électrisé, elles subissent une forte action mécanique d'expansion, et il peut se produire une *surtension* qui fait éclater une étincelle entre la gouttelette et la paroi. Il y a là comme une *étincelle de rupture* d'un circuit fermé.

Ceci se passe indépendamment du contact avec le sol.

La production de petites étincelles par le seul fait de l'échappement du gaz par une soupape à ouverture étranglée, facilitée par l'état électrique du milieu où se fait l'écoulement, expliquerait donc la perte de nombreux dirigeables et, notamment celle de l'*Hindenburg* encore présente à toutes les mémoires.

Des expériences pourraient être faites assez facilement, où seraient reproduites les circonstances réellement existantes, et l'on serait fixé sur la valeur de cette hypothèse.

En connaissant la cause, il serait possible d'empêcher les étincelles, ce qui aurait pour conséquence de continuer à utiliser, alors sans danger, le gaz hydrogène, plus léger que l'hélium et beaucoup plus facile à obtenir.

CAPILLARITÉ. — *Influence d'une couche mince d'huile sur le mouvement des vagues*. Note (¹) de M. **Roger Mérigoux**, présentée par M. Henri Villat.

J'ai montré (²) que, si une couche monomoléculaire de molécules grasses était absorbée à la surface de l'eau, cette eau étant en mouvement, les molécules grasses tendaient à se rassembler en plaques monomoléculaires

(²) Ces phénomènes ont été étudiés aussi par Holmgren (*Mémoires de la Société physiographique de Lund*, 2, 1894, p. 402).

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2049.

à molécules jointives. Ces plaques coïncident avec les régions planes de la surface liquide, tandis que sur leurs bords se forment des systèmes de rides de sillage ou *rides de Poncelet*. C'est ainsi que l'anneau décrit par M. Labrouste ([3]) s'interprète par la formation, dans le cas de mouvements lents, d'une faible amorce d'un train de rides de sillage contre le front des molécules jointives.

J'ai également montré ([4]) comment on pouvait mesurer le frottement entre une couche monomoléculaire d'acide oléique et le liquide support en mouvement. Si $\mu$ est la viscosité de l'eau, $v$ la vitesse des particules d'eau voisines de la surface, ce frottement *sans glissement* a pour valeur $\lambda = \mu \operatorname{grad} v$. La pression superficielle $p$ de la couche grasse varie dans le sens $Ox$ du mouvement de l'eau de telle façon que $dp = \lambda\, dx$.

On peut alors s'expliquer pourquoi un train de rides de sillage (rides de Poncelet) ne trouve pas les conditions favorables à son établissement dans les régions recouvertes d'un pavage monomoléculaire gras.

*a*. La vitesse V des rides devant être la même que celle de l'élément perturbateur, il doit exister en un point $P_1$ entre la vitesse V, la masse spécifique $\rho$ du liquide, la longueur d'onde $\lambda$ du train d'ondes et la tension superficielle A (variable d'un point à un autre : $dA = -dp$), la relation de lord Kelvin

$$V^2 = (\lambda_1 N_1)^2 = g\frac{\lambda_1}{2\pi} + \frac{A(P_1)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda_1}. \tag{1}$$

Un tel train d'ondes arrive transformé en $P_2$ et y satisfait à la relation

$$V_{(2)}^2 = (\lambda_2 N_1)^2 = g\frac{\lambda_2}{2\pi} + \frac{A(P_2)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda_2}, \tag{2}$$

tandis que, lors de son passage en $P_2$, le mobile perturbateur émet le train d'ondes satisfaisant à

$$V^2 = g\frac{\lambda'_2}{2\pi} + \frac{A(P_2)}{\rho}\frac{2\pi}{\lambda'_2}. \tag{3}$$

Les trains d'ondes représentés par les relations (2) et (3) étant différents, il ne peut être question d'accord et par conséquent il ne peut exister de véritables rides de sillages stables sur une surface dont l'énergie superficielle varie d'un point à un autre.

---

([3]) *Ann. de Phys.*, 9e série, **14**, 1920, p. 164.

([4]) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 848.

*b*. Le frottement sans glissement de la couche grasse sur l'eau entraîne l'existence d'un gradient de vitesse au sein des couches d'eau voisines, gradient qui est un obstacle à la formation des rides de Poncelet comme l'on peut s'en rendre compte expérimentalement en diminuant l'*épaisseur de la nappe d'eau*. Cette diminution a pour effet d'augmenter le gradient et d'effacer le plus souvent toute trace de sillage. Le phénomène est particulièrement net si l'on fait déferler une vaguelette sur le fond d'une cuvette plane, ce fond n'étant recouvert que de quelques dixièmes de millimètre d'eau superficiellement contaminée. On remarque alors qu'aucun train de rides ne précède la vaguelette dans la région où les molécules sont jointives.

De plus, tout objet perturbateur (le vent par exemple) tend à jouer vis-à-vis des molécules grasses le rôle de raclette; au lieu de posséder relativement à la surface une vitesse suffisante pour donner lieu à un sillage, cet objet tend à pousser la couche adsorbée d'un mouvement d'ensemble en communiquant ainsi son énergie aux couches liquides sous-jacentes.

Sur la surface de la mer recouverte d'une couche monomoléculaire d'huile, le vent a moins de prise sur une surface plus lisse et où l'énergie, au lieu de s'accumuler superficiellement sous forme de sillages, tend à pénétrer et à se dissiper à l'intérieur de l'eau. On voit donc que l'huile, loin de jouer le rôle de lubrifiant, agit par un frottement dissipateur d'énergie ainsi que certains physiciens l'avaient autrefois suggéré (B. Franklin, A. Pockels).

ÉLECTRICITÉ. — *Étalonnage absolu d'un appareil de mesure de très hautes tensions; soupape électrostatique*. Note (¹) de MM. **Marcel Pauthenier**, **Moshé Feldenkrais** et **Léopold Vigneron**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons confronté les résultats donnés par un voltmètre rotatif du type Kirkpatrick, constitué par une capacité chargée par influence qui se décharge 50 fois par seconde à travers un galvanomètre (²), avec ceux que l'on obtient au moyen de pastilles étalonnées qui se soulèvent à l'instant où

(¹) Séance du 5 juillet 1937.
(²) Moshé Feldenkrais, *Journ. Phys.*, 8, 1937 (sous presse).

la pression électrostatique croissante atteint leur poids ([3]). Cette méthode a été perfectionnée comme nous l'indiquons ci-dessous.

Les essais ont été effectués en plein air (pour éviter l'influence du plafond) à l'aide d'un générateur de hautes tensions à poussières ([4]) dont le collecteur est constitué par une sphère de 300$^{mm}$ de diamètre permettant d'obtenir des tensions stables jusqu'à 400 kilovolts environ. Au pôle supérieur de la sphère se trouve une calotte mobile qui repose normalement sur un siège fraisé dans l'épaisseur de la sphère et dont le diamètre est 28$^{mm}$,6; au centre de la calotte est soudée une petite tige d'acier de 30$^{mm}$ coulissant sans frottement dans un tube capillaire pour assurer un soulèvement radial et vertical de l'équipage. Une petite ouverture est pratiquée à un endroit convenable dans la paroi de la sphère pour assurer une pression d'air égale de part et d'autre de la calotte au moment de son soulèvement.

La tige est filetée à son extrémité inférieure pour recevoir des écrous de masses différentes. On a pu réaliser une série de poids allant de 0$^{g}$,120 à 1$^{g}$,750 permettant de mesurer toute l'échelle des tensions de l'appareil à partir de 95 kilovolts.

La capacité du voltmètre rotatif est constituée par un cylindre de 333$^{mm}$ de longueur, 145$^{mm}$ de diamètre, coupé en deux par un trait de scie longitudinal et entraîné à 1500 t/m par un moteur de vitesse constante. L'étalonnage de l'appareil a été fait aux environs de 50 kilovolts, à l'aide d'un électromètre absolu Abraham et Villard de précision, pour une position donnée des appareils. L'indication du galvanomètre est proportionnelle à la vitesse de rotation et à la tension de la sphère influençante, ce qui permet d'extrapoler dans de larges limites.

La figure présente les résultats de mesures effectuées par les deux méthodes simultanément. En abscisses sont portées les valeurs données par la méthode de la soupape électrostatique et en ordonnées les valeurs obtenues par le voltmètre rotatif. Les points se placent sur une droite sensiblement confondue avec la bissectrice, les deux méthodes sont donc bien concordantes.

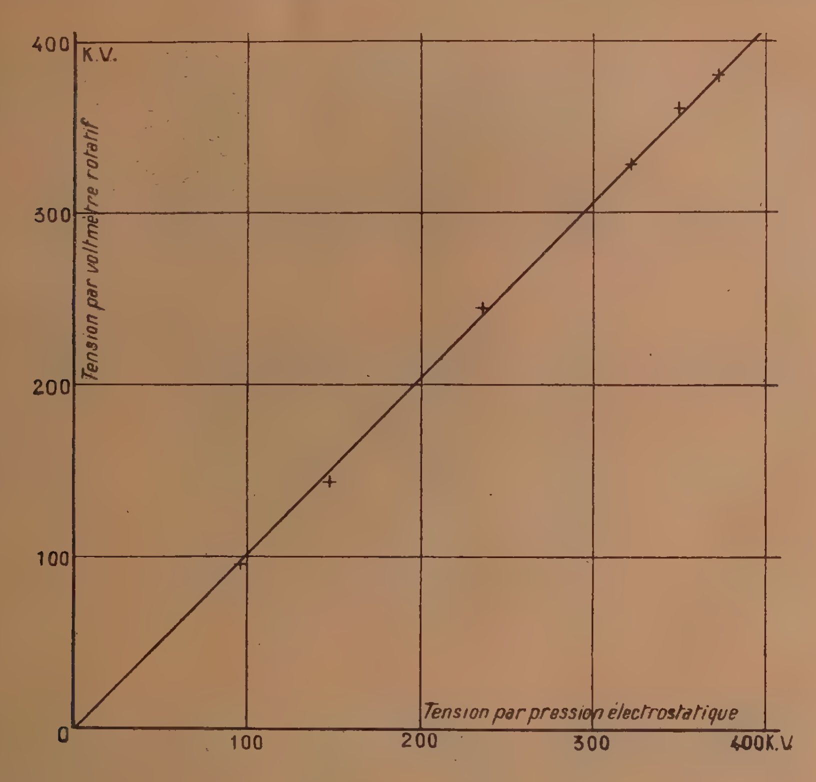
En résumé, les indications du voltmètre rotatif étalonné à 50 kilovolts sont en accord avec les indications données par la méthode de la soupape électrostatique jusqu'à la limite des potentiels stables, qui est dans notre cas 400 kilovolts, limite imposée par le rayon de la sphère.

---

([3]) *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 929.

([4]) *Journal de Physique*, **8**, 1937, p. 193.

La méthode de la soupape électrostatique permettrait de supprimer l'extrapolation dans le cas de potentiels de plusieurs millions de volts que l'on obtient avec des générateurs ayant pour électrodes des sphères de




| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Potentiels soupape électrostatique...(KV). | 94,9 | 147,3 | 236,6 | 321,9 | 349,5 | 372,9 |
| Potentiels voltmètre rotatif..........(KV). | 96,1 | 144 | 244,8 | 327,8 | 360 | 380 |

dimensions suffisantes. Combinée au besoin avec un quartz piézoélectrique, elle donnerait facilement à un observateur intérieur à la sphère son potentiel par rapport au sol.

ÉLECTROCHIMIE. — *Production d'anneaux colorés par électrolyse dans la masse d'un sel.* Note [1] de M. **Thadée Peczalski**, présentée par M. Louis de Broglie.

Mes expériences [2] ont montré que sous l'action du courant, il se forme dans les sels des anneaux colorés encerclant la cathode cylindrique mise dans un tube rempli de sel pulvérisé et porté à une température de 600°C. Le courant passait par le sel entre le tube et la baguette.

Depuis, MM. Hilsch et Pohl [3] ont trouvé que la coloration du cristal de sel sous l'action du courant est due à la dissolution des électrons dans le réseau cristallin formant les centres de couleur F.

Pour étudier la formation des anneaux dans le sel, j'ai fait une série d'expériences en mettant dans des tubes métalliques servant d'anodes les cathodes de diverses formes et de diverses natures (cuivre, fer, aluminium et laiton). Les sels pulvérisés remplissant le tube étaient NaCl ou RCl; le tube était porté à la température de 680°C.

On applique le potentiel de 200 volts entre l'anode et la cathode; le potentiel décroît dans l'expérience jusqu'à 5 volts au bout d'un temps de une à deux heures environ. Le tube était long de $12^{cm}$, il était de $2^{cm}$ de diamètre intérieur.

Les résultats sont les suivants : autour de la partie centrale de la cathode cylindrique il se forme dans le sel des couches colorées (rouges); cette coloration est indépendante de la nature de la cathode et de l'anode.

La coupe transversale montre des anneaux colorés concentriques à la cathode (*fig.* 1 et 2).

Le phénomène est indépendant de la forme de l'anode (on observe de légères déformations des couches colorées à des distances plus éloignées de la cathode).

A part de l'apparition des couches colorées, il y a des colorations du sel soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de la couche, comme le montre la figure 3.

Il se produit aussi deux couches colorées dans le sel (*fig.* 4, coupe transversale).

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) Th. Peczalski, *Comptes rendus*, 185, 1927, p. 1588.

(3) *Z. f. Phys.*, 64, 1930, p. 606.

En mettant dans le sel deux cathodes et en faisant passer le courant d'abord entre la cathode plus proche du tube et l'anode jusqu'à ce que le potentiel tombe à 30 volts (pendant une heure), ensuite entre les deux

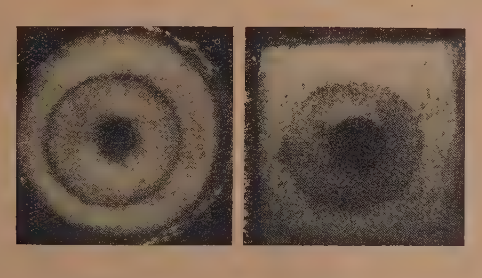


Fig. 1. Fig. 2.

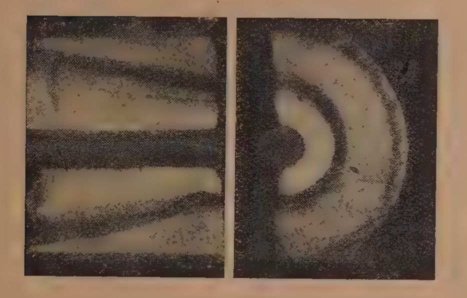


Fig. 3 A. Fig. 3 B.

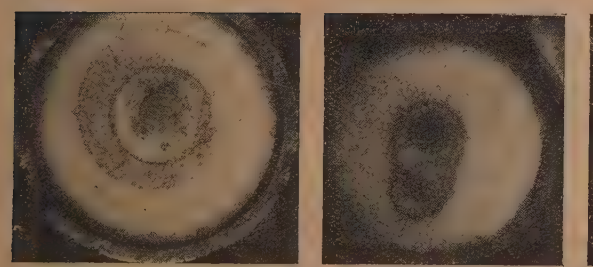


Fig. 4. Fig. 5.



Fig. 6.

cathodes réunies et le tube pendant 15 minutes, on observe, suivant la longeur du tube, la formation des anneaux autour de chaque cathode (*fig.* 5) qui, vers le milieu de la cathode se réunissent et donnent une seule couche colorée (*fig.* 6).

MAGNÉTISME. — *Sur les cycles de recul des aciers à aimant.* Note [1] de M. **Henri Lacoste-Tayan**, présentée par M. Aimé Cotton.

La présente Note résume les résultats obtenus sur l'acier au chrome et sur les alliages au nickel-aluminium à faible et forte teneur en nickel. Elle complète la Note précédente [2], relative aux aciers au tungstène et au cobalt.

Ces résultats sont les suivants :

| H résiduel. | $4\pi\mathcal{J}_1$. | $4\pi\mathcal{J}_0$. | Écart max. ab. | Écart max. entre branches. | $\frac{W}{V}$ $\frac{\text{ergs}}{\text{cm}^3}$. | $\rho = \frac{\Delta(4\pi\mathcal{J})}{\Delta H}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Acier à 6 pour* 100 *de* Cr ($4\pi\mathcal{J}_0 = 9850$ Gs — $\mathcal{H}_c = 76$ OE). | | | | | | |
| 74,7 | 700 | 3575 | 200 | 450 | 2600 | 38,4 |
| 69,7 | 3110 | 5740 | 175 | 425 | 2300 | 35,0 |
| 63,5 | 5030 | 7080 | 75 | 225 | 1030 | 32,4 |
| 47,6 | 7300 | 8600 | 15 | 50 | 170 | 27,3 |
| 22,0 | 8965 | 9450 | 10 | 50 | 80 | 22,1 |
| *Alliage au* Ni-Al-Co *à basse teneur en* Ni ($4\pi\mathcal{J}_0 = 7750$ Gs — $\mathcal{H}_c = 410$ OE). | | | | | | |
| 407 | 400 | 3410 | 200 | 425 | 7550 | 7,40 |
| 382 | 2400 | 5250 | 150 | 400 | 7225 | 7,46 |
| 340 | 4280 | 6580 | 80 | 235 | 3060 | 6,77 |
| 225 | 6150 | 7400 | 60 | 150 | 1360 | 5,55 |
| *Alliage au* Ni-Al-Co *à haute teneur en* Ni ($4\pi\mathcal{J}_0 = 5850$ Gs — $\mathcal{H}_c = 640$ OE). | | | | | | |
| 617 | 600 | 3100 | 150 | 250 | 6800 | 4,05 |
| 549 | 1750 | 3990 | 100 | 200 | 4400 | 4,09 |
| 412 | 3315 | 4925 | 75 | 125 | 1950 | 3,91 |
| 244 | 4505 | 5415 | 30 | 50 | 500 | 3,73 |

Dans les cas présents, comme précédemment, l'hypothèse de réduction du cycle de recul à la droite joignant les valeurs extrêmes de $4\pi\mathcal{J}$ est suffisamment justifiée.

On peut donc définir un coefficient de recul, égal au coefficient angulaire de la droite précitée.

La connaissance de ce facteur est aussi importante que celle de la caractéristique principale pour le calcul des aimants [3], utilisé avec armement.

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1556.

(3) R. V. Picou, *Les aimants. Calcul et applications* (Chap. VIII) Paris, 1937.

Le tableau suivant donne ses valeurs pour les principales qualités d'acier :

*Facteur de recul de divers aciers à aimant en fonction de l'aimantation résiduelle.*

| Nature de l'acier. | $\mathcal{H}_c$. | $4\pi\mathcal{I}_0$. | $\sqrt{\frac{\mathcal{H}_c}{4\pi\mathcal{I}_0}}$. | $4\pi\mathcal{I}_r = 10^3 \times 10$. | 8. | 6. | 4. | 2. | 0. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Acier à 6 % de W. | 55 | 11,400 | 0,0695 | $\rho = 30,0$ | 42,6 | 52,5 | 58,0 | 59,4 | 59,9 |
| » 6 % de Cr. | 76 | 9,850 | 0,0879 | — | 25,7 | 30,2 | 33,6 | 37,0 | 38,7 |
| » 10 % de Co. | 121 | 10,450 | 0,1073 | — | 20,7 | 24,0 | 26,8 | 28,3 | 29,0 |
| » 35 % de Co. | 238 | 10,430 | 0,1510 | — | 10,5 | 11,8 | 13,2 | 14,0 | 14,2 |
| Alliage Ni-Al-Co.... | 410 | 7,750 | 0,2300 | — | — | 5,6 | 7,0 | 7,5 | 7,4 |
| Alliage Ni-Al-Co.... | 640 | 5,850 | 0,3300 | — | — | — | 3,8 | 4,1 | 4,0 |

Ces valeurs pourront être prises comme des moyennes très suffisantes pour des aciers de même nuance, bien que ceux-ci soient légèrement différents selon leur histoire.

Il est remarquable que, si l'on figure par exemple les valeurs de $\rho$ pour une même valeur $4\pi\mathcal{I}_r$ de l'aimantation résiduelle pour *toutes les sortes d'acier*, les points correspondants se placent tous sur *une même courbe* d'allure hyperbolique. Il se manifeste ainsi une sorte de parenté entre ces aciers de composition très différente et de traitements de stabilisation également différents. Le tableau précédent permet de figurer ces courbes, définies par $\rho = f\sqrt{\mathcal{H}_c/4\pi\mathcal{I}_0}$ pour des aimantations résiduelles échelonnées de 2 en 2 kilogauss; elles peuvent être utilisées pour les valeurs intermédiaires.

Cette propriété peut s'expliquer par le fait que tous les aciers et alliages à aimant suivent de très près la loi de Lamont, et d'autant mieux qu'ils sont meilleurs au point de vue magnétique.

De plus, les courbes de recul se rejoignant à la valeur $4\pi\mathcal{I}_s$ de saturation de l'acier, il est naturel de penser que le coefficient $\rho$, fonction évidemment de $\mathcal{H}_c$, le sera également de $4\pi\mathcal{I}_s$, donc de $4\pi\mathcal{I}_0$ (d'après Sandford, $\mathcal{B}_s = 1,38\mathcal{B}_0$).

Les effets du recul magnétique, quelle qu'en soit la cause, sont d'une importance pratique considérable, se traduisant par :

une augmentation du flux de l'aimant;

une diminution de la force magnétomotrice disponible par suite du relèvement du flux;

une diminution de sensibilité à l'action des champs extérieurs, aux variations de température, aux chocs et enfin aux surcharges accidentelles qui peuvent se produire comme dans certains compteurs.

Nous étudions actuellement l'influence des températures de forgeage et de revenu sur la forme et les limites des caractéristiques principales et des cycles de recul.

OPTIQUE. — *Dichroïsme d'écoulement de solutions de fluorescéine*. Note [1] de M. **Serge Nikitine**, transmise par M. Pierre Weiss.

L'étude de la polarisation de la lumière émise par fluorescence conduit à admettre que, lors de l'absorption et de l'émission de la lumière, les molécules de colorants se comportent comme un oscillateur électrique linéaire amorti [2] de direction de vibration fixe par rapport à l'édifice de la molécule. En me basant sur cette propriété, j'ai été amené à une explication du photodichroïsme (effet Weigert) [3]. D'autre part, dans des solutions de colorants, on peut provoquer par écoulement une anisotropie dans la distribution de l'orientation des molécules, et il est à présumer qu'on doit alors observer un dichroïsme. Ce dichroïsme dépend à la fois de l'état d'orientation des molécules expérimentalement réalisé et de l'orientation du vibrateur dans la molécule.

Un dichroïsme d'écoulement a été observé sur des solutions colloïdales [4] dans des conditions hydrodynamiques complexes. Je me suis proposé d'étudier des solutions moléculaires et dans des conditions hydrodynamiques faciles à interpréter. Jeffery [5] a calculé le mouvement d'un ellipsoïde de révolution d'axes $a$, $b$ et $c$ ($b=c$) dans un liquide compris entre deux parois, l'une au repos, l'autre se déplaçant lentement parallèlement à elle-même, mais il n'a pas tenu compte du mouvement brownien. Boeder [6] a traité le même problème par une particule filiforme supposée assujettie à rester dans le plan perpendiculaire aux parois, mais a tenu compte du mouvement brownien. A partir de ces travaux, il est possible

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) S. J. Wawilow et W. L. Lewschine, *Zs. f. Phys.*, 16, 1923, p. 135 et F. Perrin, *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 581; *Ann. de Phys.*, 12, 1929, p. 169.

(3) S. Nikitine, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 973.

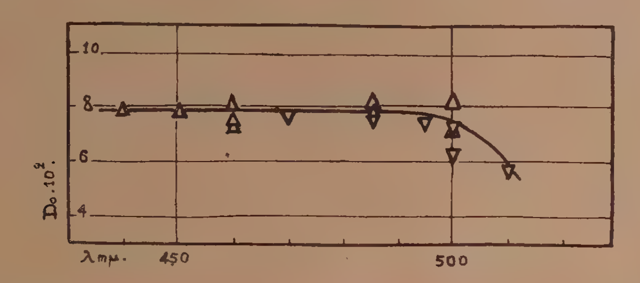
(4) H. Freundlich, F. Stapelfeldt et H. Zocher, *Zs. f. phys. Chem.*, 114, 1925, p. 161; H. Zocher et Fr. Jacoby, *Koll. Chem. Beih.*, 24, 1937, p. 365.

(5) G. B. Jeffery, *Proc. Roy. Soc.*, 102, 1922-1923, p. 161.

(6) P. Boeder, *Zs. f. Phys.*, 15, 1932, p. 258.

de prévoir l'orientation statistique des molécules dans les cas expérimentalement réalisés.

J'ai étudié des solutions de fluorescéine dans de la glycérine. Ces solutions étaient placées entre deux cylindres coaxiaux, dont l'un tourne. Un faisceau de lumière monochromatique polarisée rectilignement traverse le liquide parallèlement aux génératrices des cylindres. L'absorption dépend de l'orientation de la vibration lumineuse. Le coefficient d'absorption est maximum $K_1$ pour une direction 1 et minimum $K_2$ pour une direction perpendiculaire. Du fait de l'absorption inégale suivant 1 et 2, la direction de vibration d'un faisceau polarisé rectilignement subit, en traversant le milieu dichroïque, une rotation dès que la direction de vibration n'est




ni 1, ni 2. La rotation est maximum $\delta$ pour une direction de vibration à l'entrée à 45° de 1 et 2, et on a la relation

$$l(K_1 - K_2) = 2\delta,$$

$l$ étant l'épaisseur du liquide traversé. L'étude de cette rotation permet de déterminer la direction des axes 1 et 2 et la valeur de $(K_1 - K_2)$ ([7]).

J'ai effectué d'autre part des mesures d'absorption du liquide au repos. J'admets que cette mesure donne $K_1 + K_2$. On peut prévoir que si la bande d'absorption est associée à un seul vibrateur, le rapport

$$D_0 = \frac{K_1 - K_2}{K_1 + K_2}$$

ne dépend ni de la longueur d'onde, ni de la concentration.

J'ai étudié des solutions dont la viscosité était de l'ordre de 12, 7 poises. Le produit $\sigma$ de la viscosité par le gradient de vitesse a pu dépasser la valeur $2,5 . 10^4$.

---

([7]) Cette méthode a été appliquée par MM. A. Cotton et H. Mouton, *Ann. Chim. Phys.*, **11**, 1907, p. 145.

Ces expériences m'ont permis de constater l'existence d'un dichroïsme d'écoulement pour les solutions étudiées et d'obtenir les résultats suivants : 1° l'orientation des axes 1 et 2 du dichroïsme change avec la vitesse; 2° pour de fortes vitesses 2 devient parallèle à la vitesse; 3° pour de faibles vitesses l'angle que fait l'axe 2 avec la vitesse ne dépasse probablement pas 45°; 4° parallèlement au changement de direction des axes, $D_0$ croît d'abord avec la vitesse. Aux fortes vitesses $D_0$ varie peu et tend probablement vers une valeur de l'ordre de 0,085; 5° comme le montre la figure, $D_0$ ne varie pratiquement pas avec la longueur d'onde, sauf au voisinage du bord de la bande d'absorption; 6° $D_0$ s'est trouvé être le même pour deux solutions de concentrations différentes, $10^{-6}$ gr/cm³ et $0,5.10^{-6}$ gr/cm³ (points $\nabla$ et $\Delta$ de la figure); 7° ces dernières mesures ont été faites pour des valeurs de $\sigma = 1,6.10^4$. Dans ces conditions $D_0 = 0,079 \pm 0,003$.

Les résultats obtenus concordent avec les théories hydrodynamiques. Le fait que $D_0$ est indépendant de la longueur d'onde confirme que la bande d'absorption étudiée est associée à un seul oscillateur. Sa faible valeur conduirait à la conclusion que, la molécule de fluorescéine n'étant probablement pas très dissymétrique, le vibrateur correspondant à la bande étudiée fait un angle voisin de 90° avec le plus grand axe de la molécule supposée assimilable à un ellipsoïde de révolution. J'exposerai prochainement des considérations théoriques qui permettent d'interpréter les mesures de dichroïsme d'écoulement.

Ces mesures comportent des difficultés sérieuses, tant à cause de l'étroitesse imposée au faisceau lumineux qu'à cause de l'échauffement du liquide par frottement. J'ai pu éliminer certaines difficultés.

Je me propose d'étendre cette étude à d'autres colorants et d'augmenter la précision des mesures.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Sur la focalisation de faisceaux corpusculaires par déviation circulaire en champ magnétique transversal.* Note de M. **Louis Cartan**, présentée par M. Maurice de Broglie.

Pour analyser un faisceau corpusculaire suivant ses composantes de masse ou d'énergie, on lui fait traverser la région de champ homogène qui règne dans l'entrefer d'un électro-aimant. Chaque particule est déviée selon une trajectoire circulaire dont le rayon est fonction du champ et des caractéristiques de la particule. Mais, en général, l'analyse n'est parfaite que si la

direction du faisceau incident est bien déterminée. Pour n'être pas obligé de la définir par des diaphragmes qui suppriment trop d'intensité, on s'efforce de faire converger sur le système récepteur tous les rayons compris au départ dans un angle solide assez ouvert. De plus, pour l'étude des spectres de masse, il faut définir le paramètre énergie par filtration dans un champ électrique cylindrique, et l'on a intérêt à rendre cette filtration aussi large que possible en assurant aussi la convergence des rayons d'énergie voisines. Les conditions de cette double focalisation sont déterminées par la forme du domaine de champ traversé qui doit jouer le rôle d'une lentille achromatique.

La forme semi-circulaire habituellement utilisée par les expérimentateurs présente divers inconvénients (volume de l'électro-aimant, influence du champ de fuite sur l'objet et l'image, mauvaise focalisation des énergies, etc.). Pour la forme de champ la plus générale, R. Herzog a calculé en 1934 ([1]) en quelle position se trouve l'image d'un objet émettant un faisceau divergent. Nous avons retrouvé les résultats de cet auteur par de simples considérations géométriques qui conduisent à la construction suivante : les perpendiculaires élevées de l'objet et de l'image sur le rayon moyen rencontrent les normales au domaine aux points d'incidence et d'émergence en $A_1$ et $B_1$ ; $A_1$ et $B_1$ sont alignés avec le centre O du cercle décrit dans le champ par le rayon moyen.

A partir de cette construction, on constate que, pour un objet et un champ donnés, le lieu des images dues aux diverses masses ou énergies séparées par le champ n'est pas une courbe simple. Mais il suffit de placer la plaque photographique tangentiellement au lieu pour avoir une bonne focalisation des angles sur une large plage, le choix plus précis de la forme du champ devant permettre de satisfaire à diverses conditions, telles que maximum du pouvoir séparateur, linéarité du spectre, etc. De même, en spectrographie de masse, les deux lieux de focalisation (des angles et des énergies) sont de forme compliquée et ne coïncident que dans des cas exceptionnels, tels que ceux signalés par Mattauch et Herzog ([2]), dont nous retrouvons les résultats par la géométrie pure. Généralement les deux lieux se coupent en un seul point, et les meilleures formes de champ sont celles qui assurent la tangence des deux lieux en même temps que la linéarité de l'échelle des masses, une grande dispersion, etc.

---

([1]) R. Herzog, *Zeit. für Physik*, 89, 1934, p. 447.

([2]) J. Mattauch et R. Herzog, *Zeit. für Physik*, 89, 1934, p. 786.

Nous avons trouvé quelques solutions pratiques à ces diverses problèmes, à partir d'une formule générale qui donne le point d'impact d'un rayon quelconque sur la plaque photographique, pour des champs à limites rectilignes. Si $\Phi$ est l'angle au centre balayé dans le champ par la trajectoire moyenne, sous le rayon de courbure $\rho$; $\varepsilon'$ et $\varepsilon''$ les angles d'incidence et d'émergence; $l'$ et $l''$ les distances au champ de l'objet et de l'image; $\omega$ l'angle de la plaque avec la face de sortie du champ; $s$ et $\alpha$ les paramètres de décalage et d'inclinaison d'une trajectoire quelconque dont le rayon de courbure est $r$; la distance $d$ du point d'impact de cette trajectoire à celui de la trajectoire moyenne est, en introduisant l'angle intermédiaire $\Theta$,

$$d.\cos\frac{(\omega-\Theta)}{\cos\Theta} = r[\cos\Theta - \cos(\Phi-\varepsilon''+\alpha)] - \rho[\cos\varepsilon'' - \cos(\Phi-\varepsilon'')]$$
$$+ \frac{s\cos\alpha + l'\sin\alpha}{\cos(\varepsilon'-\alpha)}\cos(\Phi+\varepsilon'-\varepsilon'') + l''(\tang\Theta\cos\varepsilon''+\sin\varepsilon'');$$
$$\sin\Theta = \sin(\Phi-\varepsilon''+\alpha) - \frac{\rho}{r}[\sin(\Phi-\varepsilon'')+\sin\varepsilon'']$$
$$- \frac{\sin(\Phi+\varepsilon'-\varepsilon'')}{r}\,\frac{s\cos\alpha + l'\sin\alpha}{\cos(\varepsilon'-\alpha)}.$$

Quand les caractéristiques de la trajectoire diffèrent peu de celles de la trajectoire moyenne, c'est-à-dire quand $\alpha$, $s/\rho$ et $r-\rho/\rho$ sont petits, on calcule le développement de $d$ au premier et au second ordre. C'est l'annulation d'un certain nombre de termes du second ordre qui est imposée par les conditions expérimentales, et nous avons pu montrer que l'existence du champ de fuite ne suffit pas à perturber les résultats, pourvu que celui-ci règne dans une zone peu étendue vis-à-vis de la largeur des pôles.

Voici, en conséquence, quelques-uns des principaux dispositifs expérimentaux que l'on peut proposer, plusieurs autres arrangements ayant été étudiés, notamment dans le cas où les pièces polaires sont de révolution ($\varphi$ est l'angle de la droite $A_1OB_1$ avec la face de sortie du champ) :

1° pour l'étude des énergies, $\varepsilon'=\varepsilon''=0$, $\Phi=97°$, $\varphi=62°$, $\omega=48°30'$; cet arrangement assure, sur une large plage, la même focalisation que le dispositif à 180° tout en écartant du champ objet et image, réduisant la dimension des pièces polaires et multipliant, à $\rho$ égal, le pouvoir séparateur par 4/3;

2° pour l'étude des masses, quand l'ouverture du faisceau est faible : $\varepsilon'=\varepsilon''=0$, $\Phi=65°30'$; objet et image sont à égale distance du champ et la plaque alignée sur la droite qui les joint. C'est, avec une valeur plus

précise de l'angle de champ, le dispositif de Bainbridge et Jordan [3];

3° le spectrographe de masse défini par $\varepsilon' = 35°30'$, $\varepsilon'' = 0$, $\Phi = 99°15'$ (ouverture du secteur de champ 63°45'), $\varphi = 65°15'$, $\omega = 52°45'$ assure simultanément une focalisation étendue des angles et des énergies en même temps que la linéarité du spectre et une dispersion plus élevée que le dispositif précédent (facteur de multiplication 1,65).

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Approximation de Gauss pour les systèmes généraux de l'optique électronique.* Note de M. **Maurice Cotte**, présentée par M. Louis de Broglie.

Considérons, dans un champ électromagnétique permanent, des corpuscules électrisés décrivant des trajectoires suffisamment voisines d'une courbe C. Il est naturel de choisir un système de coordonnées curvilignes $x$, $y$, $z$, dans lequel l'équation de la courbe C est $x = 0$, $y = 0$. Nous prendrons pour surfaces $z = z_0$, des plans normaux à C aux points d'abscisse curviligne $z_0$; la surface $x = 0$ sera une surface développable formée par une famille de normales; la surface $y = 0$ sera formée par une autre famille de normales perpendiculaires aux premières; dans tout plan $z = z_0$, les droites $x =$ const., $y =$ const. formeront un système cartésien rectangulaire.

Sur une trajectoire, l'intégrale d'action est stationnaire; si dans cette intégrale on peut négliger les termes de degré plus grand que 2 en $x'$, $y'$,

$$x' = \frac{dx}{dz}, \quad y' = \frac{dy}{dz},$$

on obtient, pour les trajectoires deux équations différentielles en $x$ et $y$, dont les coefficients sont fonctions seulement de la variable indépendante $z$ :

$$(1)\quad \begin{cases} \dfrac{e}{c} H_y - d_1 + \dfrac{d}{dz}\left(n_0 x' - \dfrac{e}{c} y H_z\right) \\ \qquad = x\left[d_{11} + \dfrac{e}{c}\left(\theta H_y - \dfrac{\partial H_y}{\partial x}\right)\right] + y\left[d_{12} + \dfrac{e}{c}\left(-\theta H_x + \dfrac{\partial H_x}{\partial x}\right)\right], \\ -\dfrac{e}{c} H_x - d_2 + \dfrac{d}{dz}\left(n_0 y' + \dfrac{e}{c} x H_z\right) \\ \qquad = x\left[d_{12} + \dfrac{e}{c}\left(\omega H_y - \dfrac{\partial H_y}{\partial y}\right)\right] + y\left[d_{22} + \dfrac{e}{c}\left(-\omega H_x + \dfrac{\partial H_x}{\partial y}\right)\right], \end{cases}$$

(3) K. T. Bainbridge et E. B. Jordan, *Phys. Rev.*, 50, 1936, p. 282.

Dans cette formule $\theta$ et $\omega$ sont des fonctions de $z$ liées à la courbure et à la torsion de C.

$H_x$, $H_y$, $H_z$, $\partial H_x/\partial x$, $\partial H_x/\partial y$, $\partial H_y/\partial x$, $\partial H_y/\partial y$ représentent les projections du champ magnétique sur les lignes coordonnées, et les dérivées de ces projections, toutes ces expressions étant prises au point $z$ de C, $n_0$ est la grandeur de la quantité de mouvement, c'est-à-dire $\sqrt{2\mu(W_0 - eV_0)}$, si $\mu$ est la masse du corpuscule, $e$ la charge, $W_0$ l'énergie, $V_0(z)$ le potentiel électrique au point $z$ de C.

$d_1$, $d_2$, $d_{11}$, $d_{12}$, $d_{22}$ dépendent seulement de $n_0$, du champ électrique et de ses dérivées au point $z$ de C.

Considérons la famille des trajectoires d'énergie $W_0$, et supposons que C soit une de ces trajectoires; faisons subir aux axes $xy$ dans tout plan $z = z_0$ une rotation

$$\varphi(z_0) = \int^{z_0} \frac{e}{2cn_0} H_z \, dz. \tag{2}$$

Rapportée à ces nouveaux axes, la trajectoire a des équations dont la forme

$$\left\{ \begin{aligned} &\frac{d}{dz}(n_0 X') = X\, q(z) + Y\, r(z), \\ &\frac{d}{dz}(n_0 Y') = X\, r(z) + Y\, s(z) \end{aligned} \right. \tag{3}$$

rappelle le cas où le champ magnétique est absent.

La séparation des équations (2) ou (3) en deux équations du second ordre indépendantes apparaît en général impossible. Elle est immédiate s'il existe un plan de symétrie P, tel qu'en tout point de P, le champ électrique soit contenu dans P, et le champ magnétique normal à P. La courbe C sera prise dans ce plan à qui nous donnerons pour équation $y = 0$. $\omega$ sera nul, $\theta$ sera la courbure $1/R$ au point $z$; les équations (1) deviennent

$$p(z) + \frac{d}{dz}(n_0 x') = x\, q(z), \tag{4}$$

$$\frac{d}{dz}(n_0 y') = y \left[ \frac{\mu e}{n_0} \frac{\partial E_y}{\partial y} + \frac{e}{c} \frac{\partial H_y}{\partial x} \right], \tag{5}$$

où

$$\left\{ \begin{aligned} &p(z) = \frac{e}{c} H_y - \frac{\mu}{n_0} e E_x + n_0 \theta, \\ &q(z) = \frac{\mu e}{n_0} \left( \frac{\partial E_x}{\partial x} - 2\theta E_x \right) - \frac{\mu^2 e^2 E_x^2}{n_0^3} + \frac{e}{c} \left( \theta H_y - \frac{\partial H_y}{\partial x} \right). \end{aligned} \right. \tag{6}$$

$E_x$, $E_y$, $\partial E_x/\partial x$, $\partial E_y/\partial y$ sont des fonctions de $z$ qui représentent les projections du champ électrique au point $z$ de C sur les axes de coordonnées, ainsi que les dérivées des projections du champ électrique.

Si C est une trajectoire d'énergie $W_0$, on peut utiliser la relation $p = 0$ et l'équation de Poisson pour mettre (4) sous la forme

$$(7)\qquad \frac{d}{dz}(n_0 x') = x\left[-n_0\vartheta^2 + \frac{\mu e}{n_0}\left(4\pi\rho + \frac{d^2 V_0}{dz^2} - \frac{\partial E_y}{\partial y}\right) - \frac{\mu^2 e^2 E_c^2}{n_0^3} - \frac{e}{c}\frac{\partial H_1}{\partial x}\right],$$

$\rho(z)$ désigne la densité électrique au point $z$ de C.

Considérons des trajectoires assujetties à passer à travers deux ouvertures normales à une trajectoire moyenne C placées aux points $z = a$, $z = b$. Soient $u$ et $v$ deux solutions de (7) définies par

$$(8)\qquad u(a) = 1,\qquad v(a) = 0,\qquad u(b) = 0,\qquad v(b) = 1.$$

La trajectoire passant par le point $x_1$ de l'ouverture A et le point $x_2$ de l'ouverture B, et correspondant à une valeur de l'énergie (ou de la masse) qui diffère de $d\lambda$ de la valeur sur C, a pour équation

$$(9)\qquad x = x_1(u + \xi\, d\lambda) + x_2(v + \eta\, d\lambda) + \chi\, d\lambda,$$

$\xi$, $\eta$, $\chi$ se calculent facilement à partir de $u$, $v$, $u'$, $v'$, $dn_0/d\lambda$, $\beta = dp/d\lambda$, $dq/d\lambda$.

En particulier, imaginons que l'ouverture A soit une fente fine; si $v$ s'annule pour $z = \zeta$, nous obtiendrons, au voisinage du point $\zeta$ de la courbe C un spectre, dont la dispersion sera définie par

$$(10)\qquad \chi(z) = \frac{1}{n_0(\zeta)v'(\zeta)}\int_a^{\zeta} \beta v\, dz.$$

PHYSIQUE APPLIQUÉE. — *Comparateur photoélectrique.* Note [1] de MM. **Raymond Roure, Louis Quevron** et **René Gense**, présentée par M. Aimé Cotton.

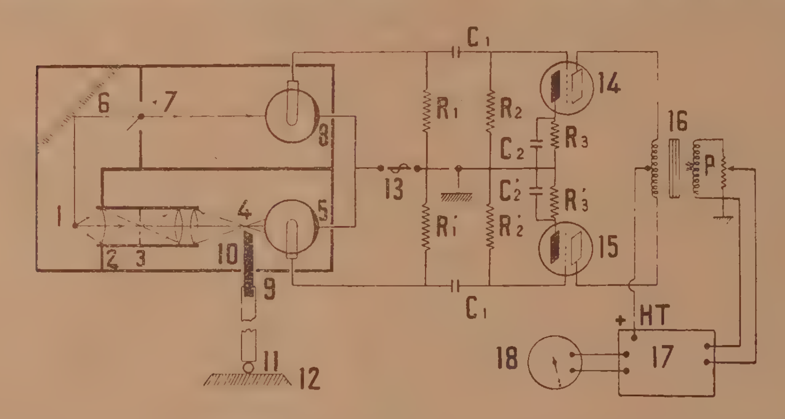
Le comparateur photoélectrique ramène la mesure d'une variation de longueur à la mesure d'une variation de courant. L'appareil se branche sur le secteur alternatif. Il comprend *un système optique* (voir la figure); une lampe 1 éclaire une fente 3; un système optique 2 donne en 4 une image

(1) Séance du 5 juillet 1937.

de cette fente; elle est semblable à la *fente optique* du lecteur de son du cinéma sonore; sa largeur est de 15 microns; elle est irisée par suite de la diffraction, et il ne nous a pas encore semblé nécessaire d'améliorer sa qualité optique en opérant en lumière monochromatique.

*Un palpeur* 9 portant un couteau 10; la pièce à examiner 11 est placée entre le bâti de l'appareil 12 et le palpeur qui appuie avec une force constante; le déplacement du couteau produit des variations d'intensité lumineuse.

*Une cellule photoélectrique* 5 et son *amplificateur* transforment la variation d'énergie lumineuse en énergie électrique, les variations correspondantes




sont lues sur un milliampèremètre 18 ou tout autre appareil enregistreur ou non. Un déplacement de 1 micron produit une variation d'intensité de 0,4 milliampère.

L'amplification du courant continu étant délicate, nous avons recherché le fonctionnement sur secteur alternatif industriel. La cellule 5 est modulée à la fréquence du secteur grâce au secondaire du transformateur 13; ou mieux, en utilisant une source 1, à filament rectiligne, de faible inertie thermique, alimenté sous 6 volts; la fréquence de modulation est alors égale au double de celle du réseau.

Les variations de courants photoélectriques sont amplifiées par un amplificateur basse fréquence. Les variations de tension du réseau, ou autres, sont éliminées par montage symétrique.

Les cellules 5 et 8 sont montées en opposition; la cellule 8 est éclairée par la source 1, un obturateur réglable 7 permet de mettre l'appareil 18 au zéro, avant de faire la mesure. Les lampes 14 et 15 appartiennent au

*préamplificateur* et l'amplificateur 17 est alimenté par le transformateur à prise médiane 16.

La sensibilité de l'appareil est réglable en agissant soit sur l'intensité du courant de chauffage de la lampe 1, soit sur le potentiomètre P; on peut apprécier depuis le millimètre jusqu'à une fraction de décimicron.

Sur le même principe nous poursuivons la mesure des petits déplacements tels que ceux d'un fléau de balance (pesée photoélectrique); d'un indicateur de niveau; l'intégration d'un contour; la mesure des angles et le contrôle de la taille des engrenages.

La topographie d'une surface se fait très rapidement; le contrôle du diamètre d'un fil, le degré de rectification d'une pièce s'obtient par un mouvement de translation de l'objet dans la fente optique.

RADIOCHIMIE. — *Sur le spectre d'émission ultraviolet de la dissociation thermique lente de l'azoture d'argent.* Note (¹) de M. **René Audubert**, présentée par M. Jean Perrin.

J'ai montré (²) que la thermolyse lente des azotures est accompagnée d'une émission de rayonnement ultraviolet décelable par des compteurs photoélectriques de haute sensibilité. En déterminant la variation de l'intensité lumineuse en fonction de la température, on calcule les énergies d'activation des réactions photogéniques, et l'on vérifie que le processus intermédiaire d'émission est indépendant du cation associé et caractéristique du groupement $N^3$.

Il était particulièrement important de pouvoir préciser le spectre de ces réactions. Les méthodes spectrographiques ordinaires sont impuissantes, étant donné le petit nombre de photons émis. Aussi a-t-on réalisé le dispositif suivant : l'azoture d'argent chauffé à température constante est disposé devant la fente d'entrée d'un monochromateur à prisme de quartz et à miroir d'aluminure Jobin et Yvon; devant la fente de sortie est disposé le compteur photoélectrique à iodure de cuivre dont la courbe de sensibilité spectrale a été préalablement déterminée. (Maximum de sensibilité compris suivant les cellules entre 2100 et 2150 Å).

---

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) R. Audubert et H. Muraour, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 431; R. Audubert, *ibid.*, **204**, 1937, p. 1192.

Il est ainsi possible d'explorer un domaine de longueurs d'onde compris entre 1800 et 1950 Å.

Les fentes du monochromateur étaient utilisées avec leur ouverture maximum afin d'avoir des effets aussi grands que possible; malgré cela la longueur des bandes spectrales sortantes était assez faible pour permettre une exploration convenable de l'émission, comme le montre le tableau.

| Longueur d'onde (en Å)... | 1975. | 2000. | 2100. | 2150. | 2200. | 2250. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ΔN (accroissement de la fréquence des décharges).... | +4,8±2 | −0,8±2 | +1,6±2 | +17±4 | +3,6±2 | −0,9±1 |
| Écart réel/écart type....... | 2,4 | 1,2 | – | – | 1,2 | – |

| Longueur d'onde (en Å)... | 2300. | 2350. | 2400. | 2450. | 2500. | 2600. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ΔN (accroissement de la fréquence des décharges).... | +15±3 | +4±2 | +18±3 | +2±1,5 | −3±1,5 | +2±1,8 |
| Écart réel/écart type....... | – | 1,0 | – | – | – | – |

Les écarts moyens de fluctuation du nombre des décharges du compteur en l'absence de rayonnement étaient préalablememt mesurés et égaux à 2,2; seuls étaient considérés comme positifs les effets correspondant à un accroissement ΔN au moins égal à deux fois l'écart moyen à l'obscurité.

Dans les cas douteux, un très grand nombre d'expériences était effectué, l'écart type obtenu par la simple probabilité à chances égales était comparé à l'écart réel.

Ces résultats mettent en évidence l'existence sûre de trois bandes correspondant aux longueurs d'onde (en Å) :

$$2150 \pm 25, \qquad 2300 \pm 35, \qquad 2400 \pm 40,$$

dont les intensités relatives, en prenant pour unité l'émission de la bande 2150 Å, seraient, en tenant compte de la courbe de sensibilité spectrale de la cellule :

| | | | |
|---|---|---|---|
| Å.................. | 2150 | 2300 | 2400 |
| I.................. | 17 ± 4, | 30 ± 6, | 60 ± 10. |

Enfin, il semble que l'on puisse aussi, avec une grande présomption, affirmer l'existence d'une bande d'émission aux environs de 1980 Å.

Malheureusement, dans cette région la sensibilité de la cellule est médiocre et l'émission relativement faible, si bien que l'accroissement du nombre des décharges est à peine supérieur au double de l'écart moyen de fluctuations spontanées. Mais le rapport de l'écart type à l'écart réel est

voisin de 2,4, aussi peut-on considérer comme très probable l'existence de cette bande d'émission.

Naturellement son intensité ne peut être, dans de telles conditions, que grossièrement appréciée; à titre de comparaison, compte tenu de la courbe de sensibilité spectrale de la photocathode, elle serait de $32 \pm 12$, rapportée comme dans les autres cas à l'intensité d'émission de la bande 2150 Å.

En résumé, la thermolyse lente de l'azoture d'argent est accompagnée d'un processus photogénique correspondant à trois bandes étroites d'émission entre 1950 et 2600 Å.

Si l'on examine le spectre électronique de la molécule $N_2$, on y trouve des états susceptibles de rendre compte des longueurs d'onde des bandes d'émission observées expérimentalement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Diagramme de solidification et conductivité électrique des alliages rubidium-cæsium.* Note [1] de M. **Émile Rinck**, transmise par M. Georges Urbain.

Les alliages rubidium-cæsium, dernier couple des alliages binaires des métaux alcalins, ont été étudiés de façon analogue à celle décrite dans une Note précédente [2].

Les métaux étaient obtenus à partir de leurs chlorures par réaction avec du calcium métallique (procédé Hackspill), ils étaient purifiés par une double distillation dans le vide. Leurs points de fusion étaient alors de 28,4° C. pour le cæsium, de 38,85° C. pour le rubidium.

Les mélanges des deux métaux étant extrêmement altérables, toutes les opérations ont été effectuées dans un vide rigoureux, constamment surveillé.

*Diagramme de solidification.* — Les résultats obtenus par analyse thermique ont permis de tracer le diagramme de solidification reproduit dans la figure 1. Il montre que le rubidium et le cæsium forment une série ininterrompue de solutions solides. Le liquidus et le solidus présentent un minimum à + 9° C. pour un mélange équimoléculaire des deux métaux, correspondant exactement à la composition Rb + Cs.

*Conductivité électrique.* — L'analyse thermique ne permet pas de mettre en évidence si l'eutectique Rb + Cs correspond à une combinaison définie

(1) Séance du 21 juin 1937.

(2) *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 255.

ou à un simple mélange homogène. Comme dans le cas des potassium-cæsium précédemment étudiés ([3]), nous avons déterminé la conductivité électrique des alliages rubidium-cæsium en fonction de la température et de leur composition.

Après avoir effectué l'analyse thermique d'un mélange, on fait couler le métal fondu dans un tube portant quatre contacts en platine, puis on comprime par de l'argon pur pour obtenir un remplissage parfait. On fait passer un courant de quelques dixièmes d'ampère par les deux contacts extrêmes et l'on compare au moyen d'un potentiomètre, la différence de potentiel entre les deux contacts inférieurs à celle que le même courant crée aux bornes d'une résistance étalon.

Les résultats des mesures, présentés sous forme d'une courbe conductivité-température, donnent avec une grande précision les températures de

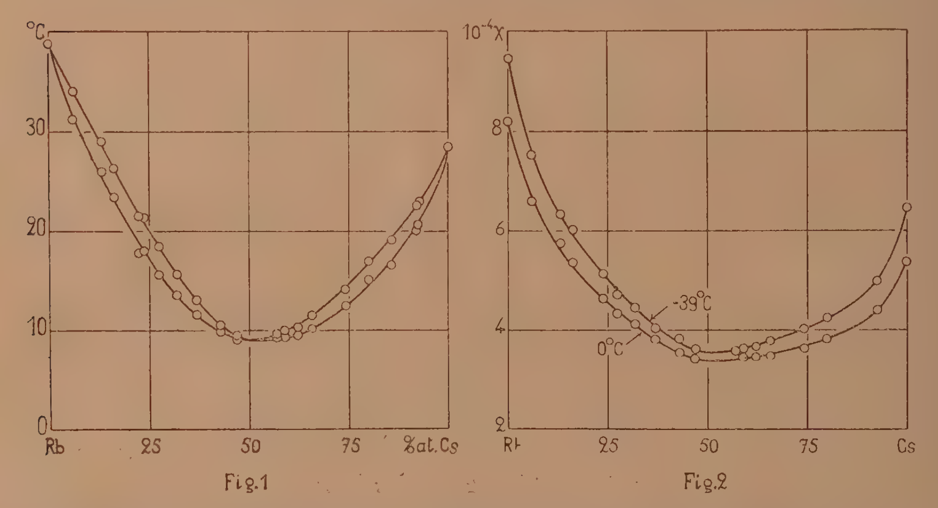


Fig.1 Fig.2

solidification commençantes et finissantes de l'alliage considéré, ce qui constitue un contrôle précieux des données fournies par l'analyse thermique.

Dans la figure 2 nous avons représenté les isothermes — 39°C. et 0°C. de la conductivité en fonction de la composition des alliages Rb — Cs. On constate que pour les deux isothermes la conductivité est minimum pour la composition Rb + Cs. Il en ressort que cet alliage particulier n'est pas un composé défini, mais est formé par un simple mélange de rubidium et de cæsium.

---

([3]) Goria, *Gaz. Chim. Ital.*, 65, 1935, p. 1226.

*Travail antérieur.* — Nos résultats sont en contradiction absolue avec ceux publiés récemment par Goria [3], qui a fait l'analyse thermique des alliages rubidium-cæsium.

D'après cet auteur ces alliages ne forment ni composé défini, ni solutions solides; le diagramme de solidification serait caractérisé par un eutectique à 81 pour 100 d'atomes de Cs, fondant à — 30°C. De pareilles divergences semblent inexplicables, d'autant plus que dans aucun cas, ni par analyse thermique poussée régulièrement jusqu'à — 60°C., ni par des mesures de résistivité, nous n'avons pu constater l'existence d'un eutectique. Toutefois, on peut faire remarquer que Goria n'a pas opéré dans le vide, mais s'est contenté de travailler en atmosphère inerte, où une altération des métaux alcalins, soit par des traces d'humidité, soit par des gaz insuffisamment purifiés, est toujours à craindre. L'eutectique à — 39°C. observé par Goria correspondrait alors à un mélange ternaire ou quaternaire Cs — Rb — O — OH.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action réversible de la vapeur d'iode sur le nitrite de potassium sec. Influence de la miscibilité de ce sel avec le nitrate correspondant.* Note de M. **Maurice Dodé**, présentée par M. Georges Urbain.

Les relations qui permettent de définir les conditions d'équilibre d'une réaction de dissociation, lorsque les deux constituants condensés sont solubles l'un dans l'autre [1], se généralisent très facilement. A titre d'exemple, nous choisirons volontairement un cas particulièrement complexe, celui de l'action de la vapeur d'iode sur le nitrite de potassium :

$$I^2_g + 4NO^2K \rightleftharpoons 2NO^3K + 2IK + 2NO - 2^{cal},4.$$

Ce système comporte quatre constituants indépendants et trois phases : une phase gazeuse ($I^2$ et NO), une phase solide pure (IK) et une phase condensée mixte ($NO^2K - NO^3K$) [2]. Il est donc trivariant.

Admettons que le mélange de nitrite et de nitrate de potassium se comporte comme une solution idéale, et soient $N_1$ et $N_2$ les fractions moléculaires respectives de ces deux sels dans la phase mixte ($N_1 + N_2 = 1$). En

---

(1) Dodé, *Comptes rendus*, 203, 1936, p. 1359; 204, 1937, p. 1938.

(2) Le nitrite et le nitrate de potassium sont entièrement miscibles tant à l'état solide qu'à l'état liquide (Maneghini, *Gaz. chim. Ital.*, 42, II, 1912, p. 473).

désignant par K la constante d'équilibre habituelle, nous aurons

$$K = \frac{p_{NO}^2}{p_{I^2}} \times \frac{N_2^2}{N_1^4} = \frac{p_{NO}^2}{p_{I^2}} \times \frac{(1 - N_1)^2}{N_1^4},$$

d'où

$$\text{(I)} \qquad p_{NO} = (\sqrt{K p_{I^2}}) \frac{N_1^2}{1 - N_1}.$$

Si l'on calcule la constante K au moyen de la formule de Nernst (³)

$$\log K = \frac{-2{,}400}{4{,}57\,T} + 1{,}75 \log T + 3,$$

on voit que l'équation (I) doit permettre de se faire une idée *a priori* sur les conditions d'équilibre du système chimique envisagé.

L'étude expérimentale complète serait extrêmement longue, et je me suis contenté d'examiner un cas particulier, celui où une partie du système est maintenue à la température ambiante (⁴), ce qui fixe la tension de la vapeur d'iode. Le mélange de sels étant porté à une température constante, la pression d'équilibre ne dépend plus alors que de la composition de la phase mixte. En posant

$$\log \pi_{NO} = \frac{1}{2} (\log K + \log p_{I^2}),$$

on obtient ainsi

$$\text{(II)} \qquad p_{NO} = \pi_{NO} \frac{N_1^2}{(1 - N_1)}.$$

formule dans laquelle $\pi_{NO}$ représente la pression du nitrosyle qui satisferait aux conditions d'équilibre si toutes les phases condensées étaient constituées par des corps purs.

Le phénomène étudié est parfaitement réversible, et les vitesses de réaction sont même assez grandes au début. Mais elles diminuent ensuite très rapidement, et les états d'équilibre véritables ne sont atteints qu'après un mois à 350° et après deux mois à 300°. On pourrait évidemment accélérer ces réactions en opérant à température plus élevée, mais alors le phénomène se compliquerait par suite de la formation de peroxyde d'azote.

---

(³) Constante chimique de l'iode 4 et du nitrosyle 3,5.

(⁴) Les essais ont été effectués avec une zone froide à 16° C. D'après Dewar, *Chem. News*, 78, 1878, p. 328, $\log p_{I^2} = -3{,}7$ dans ces conditions.

Voici les résultats obtenus à 300° et à 350° :

1° *A la température de* 300° C.

| Pression du nitrosyle à l'équilibre (en atmosphère). | Composition de la phase mixte (molécules $NO^2K$ pour 100). | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 2,7. | 3. | 4,9. | 9,8. | 12,4. | 15,1. | 19,8. | 30,2. | 39,4. | 45,2. |
| Calculée $p = 40 \frac{N_1^2}{1 - N_1}$ ... | 0,004 | 0,030 | 0,036 | 0,10 | 0,43 | 0,70 | 1,08 | 1,9 | 5,2 | 10,4 | 15,0 |
| Observée (*)............ | 0,05 | 0,055 | 0,06* | 0,06 | 0,10 | 0,13* | 0,20 | 0,41 | 0,60 | 1,29 | 1,8 |

2° *A la température de* 350° C.

| Pression du nitrosyle à l'équilibre (en atmosphère). | Composition de la phase mixte (molécules $NO^2K$ pour 100). | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 3. | 10,4. | 21,3. | 32,0. |
| Calculée $p = 40 \frac{N_1^2}{1 - N_1}$ .... | 0,043 | 0,57 | 2,6 | 7,2 |
| Observée (*).............. | 0,07 | 0,13* | 0,46 | 0,81 |

(*) Les essais marqués d'un astérisque ont été effectués dans le sens de la formation du nitrosyle, les autres en sens inverse.

On voit que les écarts qui existent entre les valeurs calculées et observées sont assez importants. A 300°, par exemple, et sous la pression atmosphérique, l'action du nitrosyle sur le nitrate se poursuit jusqu'à ce que la proportion de nitrite formé soit de 35 pour 100 au lieu de 15 pour 100 calculé d'après la formule II. Sous un dixième d'atmosphère, on trouve de même 10 pour 100 au lieu de 5 pour 100. Mais de telles différences ne doivent pas nous surprendre. Indépendamment de la phase mixte, la réaction étudiée fait en effet intervenir un constituant solide pur dont la solubilité dans la phase mixte liquide n'est peut-être pas nulle. De plus, les coefficients réactionnels des composés condensés miscibles ne sont pas les mêmes dans les deux membres de la réaction, ce qui augmente de façon très sensible l'influence des phénomènes de miscibilité. Enfin, la quantité de chaleur mise en jeu est très faible, si bien que l'effet thermique accompagnant la dissolution du nitrite dans le nitrate provoque une modification sensible et progressive de la chaleur de réaction.

Nous voyons en tous cas que malgré la complexité de la réaction étudiée, le fait de tenir compte de la miscibilité du nitrite et du nitrate de potassium, en faisant l'hypothèse très simple que la phase mixte est une solution idéale, permet de se faire une idée des conditions d'équilibre véritables.

PHYSICOCHIMIE. — *Sur le diamagnétisme des solutions d'iode et la pureté de l'alcool.* Note de M. **Clément Courty**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Nous avons montré (¹) que la loi d'additivité des coefficients d'aimantation s'appliquait parfaitement aux solutions violettes et brunes d'iode, mais que, pour les solutions dans l'alcool éthylique, quelques difficultés se présentaient.

Nous avions en effet utilisé des alcools dits purs du commerce, et nous avions constaté, par les essais classiques, qu'aucun d'entre eux ne présentait ce caractère.

Les uns ont un coefficient d'aimantation trop faible, $-0{,}736.10^{-6}$ au lieu de $-0{,}744.10^{-6}$, valeur admise et retrouvée par nous-même dans un autre travail (²); d'autres présentent une valeur trop forte $-0{,}756.10^{-6}$.

Si l'on remarque que les impuretés les plus volatiles, dites *de tête* : aldéhyde éthylique, acétone, alcool méthylique, ont respectivement des coefficients d'aimantation égaux à $-0{,}502.10^{-6}$; $-0{,}581.10^{-6}$; $-0{,}650.10^{-6}$ nettement inférieurs à celui de l'alcool éthylique, et que les impuretés moins volatiles, dites *de queue* : alcool amylique et alcools supérieurs, ont des coefficients nettement supérieurs à celui de l'alcool éthylique : $-0{,}766.10^{-6}$ pour l'alcool amylique normal, $-0{,}799.10^{-6}$ pour l'alcool isoamylique, $-0{,}804.10^{-6}$ pour l'alcool amylique tertiaire, on en conclut aussitôt que la mesure du coefficient d'aimantation, en dehors des essais chimiques, permet de voir la nature, tête ou queue, des impuretés souillant le liquide. Malheureusement, si l'alcool est souillé des deux catégories d'impuretés, son coefficient d'aimantation peut être très voisin de la valeur normale, tout en étant très impur.

L'utilisation de l'iode lève cette indétermination.

Si l'on dissout, en effet, de l'iode pur et parfaitement sec dans l'alcool, on constate que la loi d'additivité ne s'applique pas plus avec l'alcool souillé d'impuretés de tête qu'avec l'alcool souillé d'impuretés de queue, mais, par contre, s'applique parfaitement à l'alcool absolu réellement pur. Cet alcool pur a été obtenu en maintenant l'un ou l'autre des alcools précédents

---

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1248.

(²) C. Courty, *Thèse Doctorat Sc. phys.*, Fac. des Sc. Paris, 1935.

en contact avec du sodium pendant plusieurs jours, puis en le distillant et ne prenant que le cœur.

Voici les résultats obtenus. La lettre $\chi$ désigne les coefficients d'aimantation.

| Titre en iode °/₀ du total. | $-10^6\chi_M$ (*). | $-10^6\chi_C$ (**). | Différence $-10^6(\chi_M-\chi_C)$. | Écart °/₀ par rapport à $-10^2\chi_C$. |
|---|---|---|---|---|
| I. *Solutions dans l'alcool de coefficient trop faible* $10^6\chi=-0,736$. | | | | |
| 3,2 | 0,690 | 0,724 | −34 | −4,6 |
| 7,4 | 0,692 | 0,709 | −17 | −2,3 |
| 15,9 | 0,655 | 0,677 | −22 | −3,2 |
| II. *Solutions dans l'alcool de coefficient trop fort* $10^6\chi=-0,756$. | | | | |
| 6,11 | 0,730 | 0,732 | − 2 | −0,2 |
| 12,9 | 0,715 | 0,705 | +15 | +2,1 |
| III. *Solutions dans l'alcool pur* $10^6\chi=-0,744$. | | | | |
| 2,93 | 0,733 | 0,733 | 0 | 0 |
| 10,46 | 0,704 | 0,704 | 0 | 0 |

(*) M, mesuré; (**) C, calculé.

On remarquera que les écarts pour 100 des tableaux I et II seraient évidemment plus forts si on les rapportait au coefficient vrai −0,744, et non à celui mesuré pour l'alcool dont il s'agit.

Comme les mesures sur une même solution conservée en tube scellé ont montré que le coefficient d'aimantation ne variait pas avec le temps, tout au moins dans l'intervalle d'un mois, il semble qu'un essai de l'alcool absolu, par ce procédé, peut présenter pour le chimiste un intérêt assez grand, surtout si l'on remarque que $3^{cm^3}$ d'alcool et quelques paillettes d'iode, récupérables ensuite par évaporation, suffisent et que l'essai ne nécessite pas plus de 30 minutes de temps.

Bien entendu, il faut une certaine habitude des mesures magnétiques pour obtenir une précision de l'ordre de 0,5 pour 100.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur un nouveau mode de transformation.* Note (¹) de M. **André Debierne**, présentée par M. Paul Langevin.

J'ai observé, au cours d'expériences déjà anciennes, que, dans la purification de l'hélium par adsorption des gaz étrangers, principalement l'hydro-

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

gène, dans du charbon, bien purgé de gaz et en équilibre thermique avec un bain d'air liquide, les premières portions de gaz adsorbé déterminent une vaporisation très vive, et tout à fait anormale du bain réfrigérant. L'introduction d'une dizaine de centimètres cubes de gaz peut provoquer la vaporisation de $100^{cm^3}$ d'air liquide, correspondant à un dégagement considérable d'énergie au moment de l'adsorption de ces premières portions de gaz.

J'ai demandé à M. René Lepointe de faire quelques déterminations quantitatives, et d'après mes indications il réalisa un dispositif calorimétrique basé sur la mesure du volume de gaz obtenu dans la vaporisation du bain d'air liquide. Il étudia différents gaz et ses résultats sur l'adsorption de l'hydrogène confirmèrent pleinement mes observations. Lorsque la quantité d'hydrogène mise en contact avec le charbon refroidi est petite, la quantité de chaleur, rapportée à 1 mol/g de gaz, observée dans certaines expériences, a dépassé 250 000 calories, chiffre très supérieur à la chaleur de combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène. Les autres gaz usuels, oxygène, azote, argon, ont donné un effet beaucoup plus petit ([2]).

J'ai repris cette étude et les résultats suivants ont été établis. A la température d'ébullition de l'azote liquide (—195°), l'hélium pur donne un dégagement d'énergie comparable à celui obtenu avec l'hydrogène. Avec le néon le phénomène se produit aussi, mais il est de moindre importance et le gaz n'était pas absolument pur. A la température d'ébullition du chlorure de méthyle (—24°), le phénomène, s'il existe, est très petit.

Lorsque la quantité de gaz, hydrogène ou hélium, mise en contact avec le charbon en équilibre thermique dans le bain d'azote liquide, est suffisamment petite, l'énergie rapportée à 1 mol/g de gaz peut être supérieure à *cent millions de calories*. Comme il est possible qu'une partie importante du gaz n'intervienne pas, l'énergie est peut-être beaucoup plus grande.

Il est difficile d'admettre que cette énergie puisse résulter d'une simple adsorption, même en couche moléculaire, mais il est également difficile de lui trouver une autre origine.

On pourrait théoriquement imaginer que l'énergie ne doit pas être rapportée à la masse du gaz, celui-ci agissant comme intermédiaire dans un phénomène de catalyse. Cette catalyse pourrait déterminer une modifica-

---

([2]) René Lepointe, Diplôme d'Études supérieures (*Journal de Physique*, 7, 1936, p. 469).

tion allotropique du carbone ([3]), ou une modification chimique des impuretés du charbon (acides graphitiques, etc.).

Ces hypothèses ne paraissent pas très probables, particulièrement dans le cas de l'hélium, gaz inerte. Dans ce cas le charbon ne paraît subir aucune modification notable, et l'expérience (adsorption à la température de l'azote liquide suivie d'une extraction prolongée sous le vide des gaz du charbon à température élevée) peut être répétée un grand nombre de fois sans qu'on puisse observer un changement important dans l'activité adsorbante et l'énergie dégagée.

Il est donc vraisemblable qu'il s'agit bien d'une réaction qui concerne le gaz, soit une action sur le carbone, soit une réaction mutuelle entre les atomes ou les molécules du gaz, le charbon agissant comme catalyseur, et l'énergie doit être rapportée à la quantité de gaz réagissant.

Les seules réactions connues pouvant déterminer un tel dégagement d'énergie sont les réactions nucléaires, et cette hypothèse doit être envisagée.

Il faut remarquer que le phénomène est de beaucoup le plus intense avec l'hydrogène et l'hélium dont les noyaux sont les plus accessibles et les plus facilement libérés des électrons satellites. Les fortes liaisons d'adsorption dans les premières couches moléculaires et la diminution considérable de l'agitation thermique déterminent peut-être un rapprochement favorable des noyaux et une certaine probabilité de réaction nucléaire.

J'ai recherché à ce sujet si un rayonnement ionisant accompagnait la transformation. La présence d'un rayonnement ionisant à l'extérieur de l'appareil a été recherchée à l'aide d'un compteur dans le cas de l'hélium et aucun résultat positif certain n'a été observé. Dans le même cas on a pu constater une faible conductibilité du gaz après son arrivée sur le charbon refroidi, mais l'ionisation est peut-être due à des phénomènes secondaires.

Dans l'état actuel des recherches nous pouvons seulement dire qu'il se produit une réaction très particulière entre le gaz et le carbone. Je la désignerai provisoirement sous le nom de *frigadréaction*, pour indiquer le rôle probable du froid et de l'adsorption.

---

([3]) Cette suggestion a été faite par M. François Perrin au cours de ces recherches.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'ordre d'addition des hydracides aux époxydes et des acides hypohalogéneux aux dérivés éthyléniques, méthylène cyclohexane et méthylcyclohexène ainsi que leurs époxydes.* Note de MM. **Marc Tiffeneau**, **Paul Weill** et **Bianca Tchoubar**, présentée par M. Auguste Béhal.

L'ordre suivant lequel, d'une part, les hydracides s'additionnent aux époxydes et, de l'autre, les acides hypohalogéneux se fixent sur les liaisons éthyléniques, n'a pas encore pu faire l'objet d'une codification définitive. A la suite des travaux de Markownikoff (1) et de Michael (2), on a admis que lorsque ces deux réactions sont appliquées à un dérivé éthylénique et à l'époxyde correspondant, elles conduisent à une même halohydrine et que, dans tous les cas, l'halogène se fixe sur l'atome de carbone le *moins* hydrogéné, c'est-à-dire sur le *plus* substitué.

Les faits assez nombreux observés depuis permettent d'affirmer qu'il n'en est pas toujours ainsi. On sait en effet que par addition de IOH sur le styrolène (3) et sur le méthylstilbène (4), les iodhydrines obtenues diffèrent de celles provenant de la fixation de IH sur leurs époxydes; de même dans les réactions d'addition soit de ClOH à l'isobutylène ou au chlorure d'allyle (5), soit de ClH aux époxydes correspondants, oxyde d'isobutylène (6) et épichlorhydrine (7), il y a formation de deux chlorhydrines différentes. Ces divers faits infirment la première conclusion ci-dessus. Quant à la seconde, fixation de l'halogène sur le carbone le *plus* substitué, elle est sans doute confirmée dans les trois premiers exemples cités plus haut, mais elle ne l'est pas dans le quatrième, celui du chlorure d'allyle.

Les deux cas rapportés dans cette Note sont au contraire en accord avec la première conclusion formulée ci-dessus; mais ils ne le sont pas entièrement avec la seconde, car si, dans le premier de ces cas, l'halogène se fixe bien sur le carbone le *plus* substitué, c'est au contraire sur le *moins* substitué qu'il se fixe dans le second. Toutefois, dans ce dernier cas, il y a isomérie *cis trans*, et l'on constate que la fixation de ClOH sur le dérivé éthylénique fournit la chlorhydrine *trans*, alors que l'addition de ClH à l'époxyde con-

(1) *Comptes rendus*, 81, 1875, p. 668, 728, 776.
(2) *J. prakt. Chem.*, 64, 1901, p. 109.
(3) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, 10, 1907, p. 348.
(4) Tiffeneau et J. Lévy, *Bull. Soc. Chim.*, 49, 1931, p. 1810.
(5) Henry, *Bull. Ac. roy. Belg.*, 37, 1874, p. 357, 521; 8, 1906, p. 523.
(6) Henry, *Comptes rendus*, 142, 1906, p. 493.
(7) Hill et Fischer, *J. Am. Chem. Soc.*, 44, 1922, p. 2582.

duit surtout à la chlorhydrine *cis*. Il n'est pas douteux que dans ces réactions, ce qu'on doit faire intervenir avant tout, comme l'a écrit plus tard Michael (8), c'est l'électronégativité relative des deux carbones de la liaison éthylénique ou de la fonction époxyde; mais le problème est loin d'être résolu.

I. Chlorhydrines dérivées du méthylène cyclohexane ou de son oxyde. — 1° *Fixation de* ClOH *sur le méthylène cyclohexane*. — Lorsqu'on fait agir la chlorurée sur le méthylène cyclohexane, il y a fixation de ClOH et formation exclusive d'une chlorhydrine cristallisée (F. 75°; $Eb_{16}$ : 90-93°) que la potasse aqueuse transforme en l'époxyde correspondant ($Eb_{15}$ : 42°) et qui répond à la formule $C^6H^{10}Cl - CH^2OH$. En effet, celle-ci est transformée, par déshalogénation au moyen de $BrMgC^2H^5$, en hexahydrobenzaldéhyde $C^6H^{11} - CHO$. On conçoit qu'avec une chlorhydrine à fonction alcool tertiaire, la déshalogénation aurait conduit, par transposition semipinacolique, à la cycloheptanone, comme on le constate dans la désamination nitreuse de l'aminoalcool correspondant (9).

2° *Addition de* ClH *à l'oxyde de méthylène cyclohexane*. — En faisant passer ClH gazeux dans une solution éthérée froide de cet époxyde, on obtient une chlorhydrine cristallisée (F. 75°) entièrement identique à la précédente et donnant, comme celle-ci, par déshalogénation magnésienne, un unique produit, l'hexahydrobenzaldéhyde.

II. Chlorhydrines dérivées du méthyl-1-cyclohexène ou de son oxyde. — 1° *Fixation de* ClOH *sur le méthyl-1-cyclohexène-1*. — Cette réaction a déjà été étudiée par nous (10); elle conduit exclusivement à une chlorhydrine *trans* dans laquelle le chlore est placé sur le carbone le *moins* substitué; en effet, la déshalogénation magnésienne de cette chlorhydrine fournit uniquement l'acétylcyclopentane (schéma ci-après, flèche de gauche).



*Formation exclusive d'acétylcyclopentane par migration du* CH².

*Formation prépondérante de méthylcyclohexanone par migration du* CH³.

2° *Addition de* ClH *sur le méthyl-1 époxy-1.2 cyclohexane*. — On fait passer ClH gazeux dans une solution éthérée d'oxyde refroidi. Il se forme une chlorhydrine ($Eb_{25}$ : 98-100°) dans laquelle Cl est fixé, comme ci-dessus, sur le carbone le *moins* substitué; mais il s'agit d'une chlorhydrine *cis*, car, comme nous l'avons déjà observé avec la même chlorhydrine provenant de $IMgCH^3$ sur la chloro-2 cyclohexanone-1 (10),

---

(8) Michael, *Ber. d. Chem. Ges.*, 39, 1906, p. 2138 à 2795.

(9) Tiffeneau, Weill et Tchoubar, *Comptes rendus*, 205, 1937, p. 54.

(10) Tiffeneau et Tchoubar, *Comptes rendus*, 199, 1934, p. 361.

sa déshalogénation conduit à un mélange d'acétylcyclopentane et de méthyl-2 cyclohexanone-1, avec prépondérance nette de cette dernière (schéma ci-dessus flèche de droite). L'absence de méthylcyclopentylformaldéhyde montre que la chlorhydrine formée ne renferme pas l'isomère dans lequel le chlore est fixé sur le carbone le *plus* substitué.

*Conclusion.* — L'addition de ClOH sur le méthylène cyclohexane et de ClH sur l'époxyde correspondant fournit une même chlorhydrine dans laquelle le chlore se place sur le carbone le *plus* substitué. Par contre, dans l'addition de ClOH sur le méthylcyclohexène et de ClH sur l'époxyde correspondant, le chlore se fixe sur le carbone le *moins* substitué; toutefois les deux chlorhydrines obtenues sont distinctes : la première étant l'isomère *trans*, la seconde le *cis*.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Nouvelles méthodes de préparation de l'alcool bromo-5 méthoxy-2 benzylique et de l'aldéhyde bromo-5 méthoxy-2 benzoïque.* Note [1] de MM. **Raymond Quelet** et **Marcel Paty**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'un de nous a indiqué précédemment une méthode de synthèse des alcools méthoxybenzyliques consistant à utiliser comme produits intermédiaires les dérivés chlorométhylés des éthers-oxydes phénoliques [2].

Cette méthode s'applique d'une façon particulièrement avantageuse à la préparation de l'alcool bromo-5 méthoxy-2 benzylique qui, jusqu'alors, n'avait pu être obtenu qu'à l'état impur par méthylation de l'alcool phénol correspondant, lui-même très difficilement accessible [3].

L'édification de cet alcool se réalise sans aucune difficulté, à partir de l'anisol, par la série des transformations suivantes :

$C_6H_5-OCH_3 \xrightarrow{Br_2} Br-C_6H_4-OCH_3$

$\xrightarrow[(Cl_2Zn)]{CH_2O + ClH} Br-C_6H_3(CH_2Cl)-OCH_3 \xrightarrow{CO_3K_2} Br-C_6H_3(CH_2OH)-OCH_3$

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) R. Quelet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 2, 1935, p. 684; R. Quelet et J. Allard, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 130.

(3) Knorr et Horlein, *Ber. d. Chem. Ges.*, 42, 1909, p. 3499.

La chlorométhylation du para-bromoanisol s'effectue suivant le mode opératoire décrit par l'un de nous ([4]), en saturant par le gaz chlorhydrique un mélange de para-bromoanisol, de formol et de chlorure de zinc.

Le chlorure de bromo-5-méthoxy-2-benzyle, obtenu ainsi avec un rendement de l'ordre de 80 pour 100, est ensuite chauffé avec une solution aqueuse de carbonate de potassium. La saponification est totale après 14 heures d'ébullition. L'alcool, recueilli à l'état solide, après refroidissement, est lavé à l'eau froide, séché et purifié par cristallisation dans le mélange oxyde d'éthyle-éther de pétrole. Il se présente sous forme d'aiguilles prismatiques fondant à 72° (rendement : 85 pour 100). Un peu soluble dans l'eau bouillante (5$^g$ par litre), il est très soluble dans l'éther et à peu près insoluble dans l'éther de pétrole.

Traité par l'isocyanate de phényle, en solution benzénique, il donne une phényluréthane qui cristallise dans l'alcool en aiguilles fondant à 121°,5.

La transformation du chlorure en alcool peut se réaliser également d'une façon indirecte, en passant par l'intermédiaire de l'ester acétique qui se laisse saponifier très facilement, avec un rendement sensiblement quantitatif, sous l'action de la potasse en solution hydroalcoolique.

L'ester acétique $C^{10}H^{11}O^{3}Br$ s'obtient avec un rendement de 60 pour 100 en chauffant pendant 2 heures, à l'ébullition, le chlorure avec une solution acétique d'acétate de sodium; purifié par cristallisation dans l'alcool, il se présente sous forme d'aiguilles fondant à 64°, $Eb_{15}$ : 170.

Les deux opérations, transformation du chlorure en ester acétique et saponification de ce dernier, peuvent être effectuées en 4 heures, car, lorsqu'on se propose de préparer l'alcool, il n'est pas nécessaire de purifier l'acétate; néanmoins il est plus avantageux, tant au point de vue des rendements que de la simplicité des manipulations, de saponifier directement le chlorure en le chauffant avec le carbonate de potassium.

*Aldéhyde bromo-*5 *méthoxy-*2 *benzoïque* $C^{8}H^{7}O^{2}Br$. — Ce composé, qui avait été obtenu par Perkin ([5]), par action du brome sur l'éther méthylique de l'aldéhyde salicylique, se prépare facilement à partir du chlorure de bromométhoxybenzyle fourni par la chlorométhylation du para-bromoanisol. Les deux méthodes classiques, méthode de Grimaux et Lauth et méthode de Sommelet, permettent d'effectuer dans de bonnes conditions la transformation envisagée.

Dans le premier cas, nous avons trouvé que les rendements étaient très

---

([4]) R. Quelet, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 1, 1934, p. 541.

([5]) Perkin, *Ann. chem.*, 145, 1868, p. 304.

notablement améliorés en ajoutant, comme l'a indiqué Anglade ([6]), au mélange chlorure et solution de nitrate de cuivre une quantité d'acide acétique suffisante pour tout dissoudre. Ainsi modifiée la méthode de Grimaux et Lauth est, dans ce cas, plus avantageuse que celle de Sommelet, qui consiste à chauffer le chlorure avec une solution hydroalcoolique d'hexaméthylène tétramine.

Le mode opératoire est le suivant : on chauffe à l'ébullition, pendant 6 heures, une solution renfermant 118$^g$ (1/2 molécule) de chlorure, 80$^g$ de nitrate de cuivre, 400$^{cm^3}$ d'eau et 200$^{cm^3}$ d'acide acétique. Après refroidissement, l'aldéhyde se sépare sous forme d'une masse cristalline que l'on essore et lave à l'eau bouillante pour éliminer l'acide bromo-5 méthoxy-2 benzoïque qui a pris naissance en faible proportion. Le rendement en produit brut est de 87 pour 100.

Après purification par cristallisation dans l'alcool, l'aldéhyde bromo-5 méthoxy-2 benzoïque fond à 114°,5; il donne une semicarbazone F. 244-245°.

Ces recherches sont poursuivies, dans le but d'édifier toute une série de composés bromométhoxylés benzéniques à partir du dérivé chlorométhylé du para-bromoanisol.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Les 2.6- et 2.8-diméthyl-4-chloroquinoléines. Propriétés générales. Réactions avec les amines.* Note ([1]) de MM. **André Meyer** et **Henri Drutel**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons étudié récemment ([2]) les propriétés des 2.6- *et* 2.8-*diméthyl-4-hydroxyquinoléines*. Par traitement direct par le pentachlorure ou l'oxychlorure de phosphore ou par action du chlorure de thionyle sur leurs sels de sodium, on remplace l'hydroxyle, situé en 4, par le chlore; on obtient respectivement la *4-chloro-2.6-diméthylquinoléine*, $C^{11}H^{10}NCl$, (I), P. F. 63°,5 et la *4-chloro-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{11}H^{10}NCl$, (II),

---

([6]) Anglade, Communication faite à la Société chimique de France, section de Bordeaux, séance du 13 mars 1937 (sous presse).

([1]) Séance du 5 mai 1937.

([2]) André Meyer et Henri Drutel, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1824.

P. F. 72°.

Cl CH³ CH³ N (I). Cl CH³ CH³ N (II).

Ces méthyl-4-chloroquinaldines constituent de belles aiguilles blanches d'odeur aromatique, provoquant une forte irritation des muqueuses, insolubles dans l'eau chaude et les alcalis, facilement solubles dans les acides, l'alcool, la benzine, et surtout l'éther. L'halogène n'est pas éliminé par action des alcalis.

Il nous a paru intéressant d'examiner l'action des amines sur ces dérivés chlorés. Suivant Conrad et Limpach [3], le chlore de la 4-chloroquinaldine est éliminé par chauffage à 180° avec l'aniline. Slater [4] et Backeberg [4] ont étudié l'action de quelques monamines aromatiques sur la 4-chloroquinaldine et ses dérivés 6 et 8 méthoxylés, afin d'examiner les propriétés chimiothérapiques des composés ainsi obtenus.

Nous avons fait réagir quelques monamines et diamines grasses et aromatiques sur les *4-chloro-2.6- et 2.8-diméthylquinoléines*, en milieu acétique bouillant.

I. *Action des monamines primaires aromatiques.* — Les chlorométhylquinaldines se condensent molécule à molécule avec ces amines (aniline, *p*-toluidine, etc.) avec élimination d'acide chlorhydrique, par exemple

Cl CH³ CH³ N + $C^6H^5$—$NH^2$ → NH—$C^6H^5$ CH³ CH³ N + ClH

L'*aniline* donne un rendement de 70-80 pour 100. Avec la *p-toluidine* et l'*α-naphtylamine*, les rendements sont bien moindres. L'*o-toluidine* et la *β-naphtylamine* ne réagissent pas :

*4-(phénylamino)-2.6-diméthylquinoléine*, $C^{17}H^{16}N^2$, P. F. 172°;
*4-(phénylamino)-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{17}H^{16}N^2$, P. F. 121°;

---

(3) *Ber. d. Chem. Ges.*, 20, 1887, p. 953).
(4) *J. Chem. Soc.*, 1935, p. 107.

*4-(p.toluidino)-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{18}H^{18}N^2$, P. F. 127°-128°;

*4-(α-naphtylamino)-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{21}H^{18}N^2$, P. F. 155°-156°; composés blancs, peu solubles dans l'eau, l'éther, le benzène, les alcalis; solubles dans l'alcool, l'acétone, les acides dilués; donnent des sels cristallisés et des sels d'ammonium quaternaires.

II. *Action des diamines primaires aromatiques symétriques.* — Elles se condensent avec $2^{mol}$ de chlorométhylquinaldines, avec élimination de $2^{mol}$ d'acide chlorhydrique. Avec la *p*-phénylène-diamine, on obtient le corps (III), et avec la benzidine, le composé (IV), par exemple

NH—$C^6H^4$—NH ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; N ; N

(III).

NH—$C^6H^4$—$C^6H^4$—NH ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; $CH^3$ ; N ; N

(IV).

Ces dérivés précipitent abondamment à l'état de *diacétates : diacétate de 4.4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2.6-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, $2C^2H^4O^2$. P. F. 325°-327° (déc.); *diacétate de 4.4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2.8-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, $2C^2H^4O^2$; P. F. 309°-310° (déc.) : corps *jaunes*, très peu solubles dans l'alcool, l'acide acétique, l'éther, l'acétone, les solutions acides.

*Diacétates de 4.4'-(p.p'-diphényle-diamino) bis-2.6-diméthylquinoléine*, $C^{34}H^{30}N^4$, $2C^2H^4O^2$, P. F. 320°-322°, (déc.) et *Diacétate de 4-4'-(p.p'-diphényle-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{34}H^{30}N^4$, $2C^2H^4O^2$, P. F. 305°-307°, (déc.) : jaune citron. Par action de la soude diluée, tous ces diacétates conduisent à des bases telles que la *4-4'-(p.p'-phénylène-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{28}H^{26}N^4$, P. F. 233°-234°, petits cristaux blanc jaunâtre, solubles dans l'alcool.

III. — *Action des diamines secondaires du type de la pipérazine.* — La réaction de la pipérazine sur les 6 et 8-méthyl-4-chloroquinaldines ne fournit pas de diacétates isolables, mais, après neutralisation, des bases du type (V)

$$(V)\qquad C^9H^4N(CH^3)^2_{2,6}—N\langle\begin{matrix}CH^2—CH^2\\ CH^2—CH^2\end{matrix}\rangle N—C^9H^4N(CH^3)^2_{2,6}$$

(V).

*4-4'-(diéthylène-diamino) bis-2-6-diméthylquinoléine*, $C^{26}H^{28}N^4$, P.F. 322°-324°; *4-4'-(diéthylène-diamino) bis-2-8-diméthylquinoléine*, $C^{26}H^{28}N^4$,

P. F. 319°-320°, petits cristaux blancs, insolubles dans l'eau, solubles dans l'eau acidulée et dans l'alcool.

IV. Les *4-chloro-méthylquinaldines*, en milieu acétique, sont hydrolysées avec perte d'halogène par certaines amines grasses (méthylamine, éthylamine, diéthylamine) ou aromatiques (diphénylamine) : on obtient les acétates des 4-hydroxy-méthylquinaldines correspondantes. Avec la *diéthylamine*, par exemple, on aurait

$$C^9H^4N(CH^3)^2_{2.6}-Cl + NH(C^2H^5)^2 + CH^3-COOH$$
$$\rightarrow C^9H^4N(CH^3)^2_{2.6}-OH + CH^3-CO-N(C^2H^5)^2 + ClH.$$

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur l'éther éthylol-formylglutaconique.* Note [1] de MM. **Henry Gault** et **Matus Cogan**, présentée par Marcel Delépine.

Au cours de recherches sur l'éther formylacétique, nous avons été amenés à étudier la condensation de cet éther avec l'acétaldéhyde.

L'éther formylacétique (I) n'est pas connu à l'état libre : dès qu'on cherche à l'isoler, par exemple par action des acides sur son dérivé sodé, obtenu par condensation du formiate d'éthyle avec l'acétate d'éthyle en présence d'éthylate de sodium, il se condense sur lui-même en donnant naissance, suivant les conditions de l'expérience, soit à l'éther formylglutaconique (II), soit à l'éther trimésique (III) [2] :

$$\underset{(I)}{2CHO-CH^2-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{(II)}{C^2H^5-COO-\underset{\underset{CHO}{|}}{CH}-CH{=}CH-COOC^2H^5} + H^2O,$$

$$\underset{(I)}{3CHO-CH^2-COOC^2H^5} \rightarrow \underset{(III)}{C^6H^3\begin{cases}COOC^2H^5 & (1)\\ COOC^2H^5 & (3)\\ COOC^2H^5 & (5)\end{cases}} + 3H^2O.$$

Dans les conditions expérimentales que nous avons suivies, la vitesse de condensation de l'éther formylacétique libre sur lui-même est plus grande que la vitesse de sa condensation avec l'acétaldéhyde : il se forme, par suite, non pas l'éther éthylol-formylacétique, mais bien le produit de con-

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) W. Wislicenus, *Lieb. Ann.*, 316, 1901, p. 18.

densation de l'éther formylglutaconique avec l'acétaldéhyde, c'est-à-dire l'éther éthylol-formylglutaconique (IV)

$$\begin{array}{c} \mathrm{H} \\ \mathrm{C^2H^5-COO-\overset{|}{C}-CH{=}CH-COOC^2H^5+CH^3CHO} \\ | \\ \mathrm{CHO} \end{array} \qquad \text{(III)}.$$

$$\begin{array}{c} \mathrm{CH^3} \\ | \\ \mathrm{CHOH} \\ | \\ \mathrm{C^2H^5-COO-C-CH{=}CH-COOC^2H^5} \\ | \\ \mathrm{CHO} \end{array} \qquad \text{(IV)}.$$

On ajoute à une solution d'un excès d'acétaldéhyde à 30 pour 100 et d'acide chlorhydrique concentré ($1^{\mathrm{mol}}$), refroidie à $-15^{\circ}$, le formylacétate d'éthyle sodé ($1^{\mathrm{mol}}$). La réaction est immédiate et l'on détermine la fixation de l'acétaldéhyde par addition d'une solution concentrée de carbonate de potassium (excès : $2^{\mathrm{g}}$). On agite le mélange en suivant la réaction au perchlorure de fer. Lorsque cette réaction est devenue négative, on extrait à l'éther, décante, lave la couche éthérée à l'eau, sèche sur sulfate de magnésium et évapore l'éther.

L'éther éthylol-formylglutaconique brut, ainsi obtenu, est une huile jaunâtre et visqueuse. Il est indistillable même sous la pression réduite de $0^{\mathrm{mm}},2$. Il est soluble dans les solvants organiques habituels et insoluble dans l'eau. Il ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer et donne, avec l'eau de brome, la réaction positive de la double liaison.

Nous n'avons effectué sur cet éther brut, manifestement impur, aucune détermination analytique. Sa constitution est cependant démontrée par la formation et l'analyse de son dérivé acétylé.

*Acétate de l'éther éthylolformylglutaconique.* — On acétyle l'éther éthylolformylglutaconique brut, suivant la technique connue, par le chlorure d'acétyle en présence de pyridine.

L'acétate brut est purifié par distillation fractionnée. C'est une huile visqueuse, incolore, soluble dans les solvants organiques, insoluble dans l'eau et bouillant à 160-163° sous $0^{\mathrm{mm}},7$. Il ne donne pas de coloration avec le perchlorure de fer et donne avec l'eau de brome la réaction positive de la double liaison.

*Dosage de carbone et d'hydrogène.* — C pour 100 : 56,06 et 55,74; H pour 100 : 6,98 et 7,11.

*Poids moléculaire* (Cryoscopie dans l'acide acétique). — M : 292 et 300.
*Calculé pour* $C^{14}H^{20}O^{7}$ (M-300). — C pour 100 : 56,00; H pour 100 : 6,67.

Nous concluons de ces résultats analytiques que la condensation de l'éther formylacétique avec l'acétaldéhyde en présence de carbonate de potassium conduit à l'éther éthylol-formylglutaconique.

Nous continuerons l'étude de cette réaction.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur une nouvelle triaminopyridine* (2, 3, 6). Note de MM. **Alexis Tchitchibabine** et **Charles Hoffmann**, présentée par M. Marcel Delépine.

Dans la série des triaminopyridines, on ne connaît à l'heure actuelle que l'isomère 2, 4, 6 qui a été obtenu par H. Meyer et E. V. Beck [1].

Par réduction catalytique, au moyen du nickel de la $\alpha, \alpha$-diamino-$\beta$-phénylazopyridine, préparée par l'un de nous [2], nous avons pu isoler, en milieu d'anhydride acétique, la triacétyltriamino-(2, 3, 6)-pyridine d'après le schéma

$$\underset{\text{N}}{\text{H}_2\text{N}\langle\,\text{pyridine}\,\rangle}\begin{matrix}\text{N}=\text{N}-\text{C}^6\text{H}^5\\ \text{NH}^2\end{matrix} \xrightarrow[\text{Anhydride acétique}]{+2\text{H}^2} \text{CH}^3\text{CO}-\text{NH}-\text{C}^6\text{H}^5 + \underset{\text{N}}{\text{CH}^3\text{CO}-\text{HN}\overset{6}{\langle}\,\text{pyridine}\,\rangle}\begin{matrix}{}^3\text{NH}-\text{CO CH}^3\\ {}^2\text{NH}-\text{CO CH}^3\end{matrix}$$

Ce nouveau composé se présente sous forme de cristaux blancs fondant à 253°.

*Dosage d'azote* [micro-Dumas (par Ginoux-Defermon)]. — N pour 100 trouvé 22,47; calculé 22,40.

Insoluble dans l'eau, l'alcool, l'éther à froid, il recristallise facilement dans l'eau bouillante.

L'hydrolyse avec l'acide chlorhydrique de concentration 20 pour 100 à 100°-105° en tube scellé et absence d'air conduit à un dichlorhydrate en fines aiguilles blanches. P. F. instantané au bloc Maquenne, 230° (déc.).

*Dosage de chlore.* — Substance, $0^g,410$; ClAg, $0^g,595$; pour 100, $Cl^2$ trouvé 35,9; pour 100, $Cl^2$ calculé 36,04.

Le dichlorhydrate de la 2, 3, 6 triaminopyridine est très soluble dans l'eau, peu soluble dans l'acide chlorhydrique concentré.

---

(1) H. Meyer et E. V. Beck, *Monatshefte f. Chem.*, **36**, 1915, p. 731.
(2) Tchitchibabine et O. Seide, *J. Soc. Phys. Chim. Russe*, **46**, 1914, p. 1216.

Ses solutions bleuissent à l'air. Avec le chlorure ferrique et l'eau oxygénée, il donne également des solutions bleues intenses.

Il ne nous a pas été possible d'isoler la triaminopyridine libre de son dichlorhydrate en raison de sa grande oxydabilité. Le produit d'oxydation (bleu) obtenu n'a pas encore été examiné, vu sa complexité : primitivement soluble dans l'eau, il devient insoluble après quelques jours. La réduction catalytique de la $\alpha, \alpha$-diamino-$\beta$-phénylazopyridine en milieu neutre (acétate d'éthyle, alcool) conduit à une solution incolore, mais qui bleuit instantanément pendant la séparation du catalyseur.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydrogénation catalytique d'un alcool tertiaire en cétone.* Note de MM. **Louis Martineau** et **Charles Prévost**, présentée par M. Robert Lespieau.

L'un de nous ([1]) a montré que la température à laquelle commence la déshydrogénation catalytique des alcools en présence de cuivre se trouve nettement abaissée si le catalyseur est déposé sur thorine (ou alumine).

Une explication très simple de cette promotion de la catalyse est donnée par la théorie de la *prototropie généralisée* ([2]).

La thorine ferait évoluer l'alcool R—CHOH—R′ vers la forme

```
R—C—R′
   |
   O
  / \
 H   H
```

En l'absence de cuivre, cette molécule se déshydraterait à température relativement élevée, d'où le carbure incomplet R—C—R qui se réarrangerait en carbure éthylénique; en présence de cuivre, elle perdrait au contraire une molécule $H^2$, le résidu évoluant vers la formation de la cétone R—CO—R′.

Mais un alcool tertiaire, le *triméthylcarbinol* par exemple, se déshydrate en présence d'alumine ou de thorine, et n'avait pu jusqu'ici être déshydrogéné. Si nous admettons pour la déshydratation un processus voisin,

---

([1]) Martineau, *Thèse de Doctorat ès Sciences*, Lille, 1936.

([2]) Prévost, *Bull. Soc. Chim.*, 5e série, 3, 1936, p. 1666.

il nous faut envisager un intermédiaire tel que

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! C \!<\!\! \begin{matrix} CH^2 \\ O-H \end{matrix}$$
$$\quad / \quad H$$

chez lequel l'atome H autosolvaté est emprunté à un atome de carbone voisin du carbone hydroxylé.

Chez un tel intermédiaire, la déshydrogénation laisse un résidu non saturé

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix} \!\!>\! C \!<\!\! \begin{matrix} CH^2 \\ O \end{matrix}$$

dont de nombreux auteurs admettent l'existence temporaire dans plusieurs réactions transpositrices conduisant à la *méthyléthylcétone*. On pouvait donc attendre cette cétone de la déshydrogénation éventuelle du triméthylcarbinol.

Dès les premiers essais, nous avons pu caractériser, non des quantités massives, mais des traces de méthyléthylcétone, et nous n'avons pas réussi à améliorer le rendement; il nous fallut donc préparer un alcool tertiaire bien exempt de toute trace de produit cétonique, pour que ce faible résultat devînt tout de même probant.

Le triméthylcarbinol commercial est traité d'abord par la phénylhydrazine, distillé, puis soumis à l'action de la semicarbazide; il ne s'ensuit aucune trace de semicarbazone. Le produit récupéré est encore recristallisé plusieurs fois.

Le catalyseur thorine-cuivre est préparé par réduction complète entre 190° et 215° d'une pâte formée de thorine pure et d'hydroxyle cuivrique pur, au moyen d'hydrogène pur. Après refroidissement, on substitue au courant d'hydrogène un courant d'anhydride carbonique, et l'on dirige les gaz sortant du four à catalyse sur la cuve à potasse. La température est élevée vers 130°, et maintenue jusqu'à ce que le gaz sortant soit complètement absorbé par la potasse, indice du départ complet de l'hydrogène adsorbé. On admet alors l'alcool tertiaire.

Le courant gazeux n'est plus totalement absorbé, et le résidu est constitué par un mélange d'hydrogène et d'isobutylène. La teneur en hydrogène varie de 30 à 85 pour 100, suivant les expériences, lorsque le débit total de gaz non absorbé est de l'ordre de $30^{cm^3}$ à l'heure. Si la température de catalyse s'élève un peu trop ($>135°$), le débit augmente rapidement, mais la

teneur en hydrogène diminue non moins rapidement; il est nécessaire de se tenir tout à fait au seuil de la catalyse pour obtenir un rendement acceptable en hydrogène.

Le liquide recueilli à la sortie du four à catalyse est du triméthylcarbinol à peine altéré. Tous les procédés physiques échouent pour y mettre en évidence la méthyl-éthyl-cétone. Nous avons dû faire appel à la semicarbazide. Ce réactif a fourni quelques décigrammes d'un produit fondant à 134-135° après purification sommaire, et qui mélangé à un poids égal de semicarbazone pure préparée d'autre part (F. : 136°) fond à 135-136°.

Il est donc démontré que le catalyseur thorine-cuivre peut, si l'on se tient au seuil de son action, fournir des traces de cétone à partir d'un alcool tertiaire, résultat important du point de vue théorique, mais qui ne semble pas, actuellement du moins, susceptible d'application pratique.

TECHNIQUE CHIMIQUE. — *Étude des filtres antiaérosols en pâte d'alfa. Le percement des filtres* antiaérosols *par l'épreuve du* vieillissement *à la vapeur d'eau. Leur régénération ultérieure*. Note (¹) de MM. **Lucien Dautrebande, Edmond Dumoulin** et **Pierre Angenot**, présentée par M. Charles Achard.

L'épreuve du *vieillissement* à la vapeur d'eau à laquelle sont soumises les boîtes filtrantes dans leurs essais de réception, consiste, sommairement, à faire passer à travers la boîte placée dans une enceinte maintenue vers 20°, de l'air fortement humidifié, au débit de 5 à 600 litres/heure pendant une période de plusieurs heures. Après cet essai, les boîtes doivent encore satisfaire à toute une série d'épreuves bien définies.

Nous avons soumis des boîtes filtrantes à l'essai du *vieillissement* dans le but spécial d'étudier, après cette épreuve, la capacité d'arrêt de leur filtre antiaérosol en papier d'alfa. Cette dernière qualité se vérifie par aspiration, à travers le filtre pendant trois minutes à un débit de 600 litres-heure, d'une atmosphère chargée de particules de bleu de méthylène à la dose de $0^{g},10$ par mètre cube, mises en suspension par déflagration de pastilles au perchlorate d'ammonium fortement comprimées. La détection s'effectue à l'aide d'une goutte d'alcool éthylique à 95° sur une rondelle de papier-filtre serré placée en aval du filtre essayé; la moindre trace de bleu ainsi mise en évidence fait rejeter le fil comme impropre.

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

Le fil antiaérosol des boîtes choisies avait été comalté à fort débit par le bleu de méthylène et s'était montré efficace vis-à-vis de cinq fois la concentration du cahier des charges français, soit vis-à-vis de 0,50 gr/m$^3$ de bleu, au débit de 5000 litres/heure. Après passage de l'air humide à travers la boîte pendant plusieurs heures, tous les essais d'efficacité du filtre vis-à-vis des aérosols ont donné un résultat positif : le filtre est *percé*.

Même au faible débit de 600 litres/heure, le bleu de méthylène dispersé à la dose de 0,20 g/m$^3$ traverse le filtre antiaérosol.

Dans une autre suite d'épreuves, nous avons recherché le temps de passage de l'atmosphère humide au débit de 1500 litres/heure, nécessaire pour que le filtre antiaérosol soit *percé* au bleu de méthylène à la dose de 0,20 g/m$^3$. En moins de vingt minutes le filtre est devenu perméable.

De l'ensemble de nos expériences, il résulte que :

1° les filtres antiaérosols en papier alfa ne résistent pas aux essais de *vieillissement* par la vapeur d'eau en ce qui concerne l'arrêt des aérosols, malgré un colmatage antérieur qui avait permis l'arrêt de 0,50 g/m$^3$ de bleu de méthylène au débit de 5000 litres/heure.

2° le percement des filtres aux fortes teneurs de l'air en humidité est très rapide.

*En conclusion*, l'épreuve du *vieillissement* par passage d'air saturé d'humidité rend inefficaces contre les aérosols les filtres en papier d'alfa les mieux colmatés.

L'on voit de suite la gravité des conséquences d'un tel fait : l'usage des masques dans les tranchées ou des caves très humides, ou par brouillard ou temps pluvieux, détruirait rapidement l'imperméabilité des filtres antiaérosols et exposerait par conséquent le porteur à l'action des arsines présentes.

Peut-on rendre de nouveau efficace contre les aérosols un filtre en papier d'alfa rendu perméable à la suite d'une épreuve de *vieillissement?* C'est la première question qui se pose.

Une première suite d'expériences a été faite avec quatre boîtes filtrantes semblables dont les filtres ont été *percés* par l'épreuve du vieillissement. Au préalable, nous avons contrôlé et comparé la perméabilité du filtre de chaque boîte au bleu de méthylène à la dose de 0$^g$,20 par mètre cube au débit de 1500 litres/heure d'air et à 70 pour 100 d'humidité.

Une goutte d'alcool sur le papier détecteur en aval de la boîte a produit pour toutes les boîtes une auréole bleue plus ou moins intense. Les essais de colmatage des filtres sont alors pratiqués pendant trois minutes aux

forts débits (plus de 5000 litres/heure) et par le bleu de méthylène à la dose de 0,50 g/m³, tandis que pour les essais d'étanchéité après chaque colmatage le débit est de 1500 litres/heure au titre de 0g,20 de bleu de méthylène par mètre cube. Le degré hygrométrique est maintenu aux environs de 70 pour 100 de la saturation à 20°.

Après sept colmatages pour l'un d'eux, trois pour les trois autres, les filtres fournissent un résultat négatif à l'essai au bleu.

Dès à présent, l'on peut dire qu'un filtre rendu perméable aux aérosols par l'épreuve du vieillissement peut être parfaitement régénéré par des colmatages à fortes doses de bleu de méthylène et aux débits élevés. De très nombreuses expériences de recolmatage effectuées avec des filtres de boîtes neuves ou usagées, percées par l'épreuve du vieillissement, sont ultérieurement venues confirmer ce point.

En général, trois ou quatre colmatages suffisent à rendre le filtre de nouveau efficace.

Certains filtres recolmatés ont même été essayés à fort débit (± 5000 litres/heure) et au titre de 0g,50 de bleu de méthylène par mètre cube, et ont donné un résultat négatif à la détection. Celle-ci se faisait au moyen de quelques gouttes d'alcool éthylique sur le détecteur constitué ici, pour diminuer la résistance, de deux ouates comprimées, imbibées d'alcool, entourées de gaze et fixées en forme de *gland* sur le tube d'aspiration en aval de la boîte.

Faisons enfin remarquer que les colmatages n'augmentent guère la perte de charge propre au filtre (quelques millimètres d'eau à 5000 litres/heure).

*Conclusion.* — Les filtres antiaérosols en papier d'alfa *percés* par un ou plusieurs essais de vieillissement par la vapeur d'eau peuvent recouvrer leurs qualités d'arrêt des aérosols après nouveaux colmatages individuels à fortes concentrations et aux grands débits.

LITHOLOGIE. — *Sur la série magnésienne et les roches supracrustales de l'ouest de la Côte d'Ivoire.* Note (¹) de M. **Pierre Legoux.**

M. A. Lacroix a décrit (²) dans la Côte d'Ivoire (voisinage de la frontière de Guinée et du Libéria) des granites à hypersthène et des norites formant une série pétrographique apparentée aux charnockites de l'Inde.

---

(¹) Séance du 5 juillet 1937.

(²) *Comptes rendus*, 150, 1910, p. 18-22, et *N. Arch. Mus.*, 5e série, 3, 1911, p. 115-123.

Ayant eu l'occasion de reprendre en détail l'examen du matériel recueilli dans le cercle de Man par M. Bolgarsky, j'ai complété les observations sur le terrain de ce géologue par les miennes propres, et établi ses relations avec le granite à biotite du socle ancien et avec les roches métamorphiques (quartzites, amphibolites, pyroxénites et roches injectées) qu'il contient en lambeaux.

Du point de vue pétrographique, la série est caractérisée par l'hypersthène, le plus souvent associé à la pigeonite, et par l'existence constante (sauf dans les termes les plus basiques) dans les feldspaths de ce que M. A. Lacroix a appelé des microperthites fusiformes. Elles sont caractérisées par des aiguilles parallèles d'orthose dans les plagioclases et d'un plagioclase assez acide (oligoclase à andésine acide) dans les feldspaths alcalins. Ceux-ci sont en général l'orthose (alors que le granite commun de la région est à microcline). On trouve cependant aussi du microcline à inclusions semblables. Le minéral inclus est cristallographiquement orienté sur celui qui le contient. Ces feldspaths à inclusions fusiformes se rencontrent aussi dans des roches sans hypersthène, mais celles-ci restent étroitement liées au massif magnésien et on peut les considérer comme des termes de passage entre le granite vulgaire et la série à hypersthène.

Dans son ensemble, la série magnésienne est à tendance leucocrate. Elle contient même des roches hololeucocrates (aplogranites et plagioclasites). Elle s'étend jusqu'aux roches mésocrates et mélanocrates, mais celles-ci sont exceptionnelles (norites proprement dites et pyroxénolites à hypersthène). Les types les plus fréquents sont leucocrates à plagioclase et à hypersthène (norites quartzifères) renfermant parfois un peu d'orthose (sous forme d'antiperthite); je réserve le nom de granite à hypersthène pour les roches à orthose individualisée. Les granites à hypersthène ont tendance à devenir porphyroïdes. Associés aux roches magnésiennes et formant souvent le passage entre celles-ci et le granite banal, se trouvent les granites à perthite; ils sont quelquefois porphyroïdes. Le passage se fait d'autres fois par des roches à plagioclases (avec ou sans inclusions d'orthose) et à minéraux ferromagnésiens variés (biotite, amphibole ou pyroxène).

Au microscope, les structures sont variables. Elles laissent apparaître des traces d'écrasement et de recristallisation. Souvent aussi elles sont grenues avec tendance granoblastique. Sur le terrain, apparaît une certaine orientation pouvant faire place à un rubanement; cet aspect est dû à une injection d'aplite souvent grenatifère. Ailleurs l'injection est moins nette,

mais des figures contournées et nébuleuses en conservent la trace. Ces observations conduisent à penser que l'ensemble des formations granitiques s'est mis en place par migmatisation et anatexie.

Ce point de vue est confirmé par l'existence de lambeaux souvent importants de quartzites et de pyroxénites ou amphibolites dont l'orientation concorde avec la direction du granite ou de la norite. Ce sont de véritables *septa* que l'on suit sur de grandes distances et qui représentent ce qui reste des terrains au travers desquels le granite s'est mis en place. Ce sont donc des formations *supracrustales* typiques, au sens des géologues scandinaves (²). Ces lambeaux allongés recoupent les différents faciès du fond granitique. La roche est généralement à gros grain.

Les quartzites sont toujours riches en magnétite et contiennent de l'hypersthène et du grenat. Localement des concentrations se forment dans les quartzites en l'un ou l'autre de ces minéraux, et l'on se trouve en présence de véritables hypersthénites ou grenatites, mais ces roches n'ont aucune existence propre en dehors du quartzite. Les amphibolites et pyroxénites sont généralement riches en feldspaths basiques et contiennent hypersthène et grenat. Le passage se fait de façon continue des unes aux autres.

En définitive, le massif de roches éruptives magnésiennes de Man n'est pas intrusif dans le socle granito-gneissique, mais en représente un faciès de variation. Il semble s'être mis en place par montée à travers des roches anciennes dont subsistent encore des lambeaux très métamorphisés. Peut-être doit-il ses caractères spéciaux à la nature des terrains digérés? Quoi qu'il en soit, les phénomènes mis à jour par l'érosion dénotent une grande profondeur, puisque les roches granitiques (norites y compris) semblent s'être formées par anatexie.

GÉOLOGIE. — *Sur la structure du pays cristallin du Rouergue et de l'Albigeois.* Note (¹) de M. **Julien Durand**, présentée par M. Charles Jacob.

La zone phyllonitique du Giffou et le sillon houiller (²) déterminent trois subdivisions :

---

(²) Nous avions déjà suggéré cette explication pour les quartzites (*Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 2090). Une étude détaillée la confirme. Nous ne pouvons donc partager le point de vue de Bolgarsky (*Comptes rendus*, **197**, 1933, p. 559).

(¹) Séance du 28 juin 1937.

(²) Julien Durand, *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 1950.

1° A l'Est du sillon houiller et au Sud de la zone du Giffou, le synclinal de l'Albigeois; 2° A l'Est du sillon houiller et au Nord de la zone du Giffou, le massif de Rodez et du Levezou; 3° A l'Ouest du sillon houiller, une zone complexe et irrégulière que nous appellerons zone de l'Ouest.

I. Le synclinal de l'Albigeois offre, dans la région Sud-Est, des terrains fossilifères très peu métamorphiques dont M. Thoral a précisé l'âge et la structure ([3]). Dans l'ensemble de la zone, le métamorphisme est faible et très irrégulier, sans progression nette dans un sens déterminé; jusque dans le Nord on trouve des schistes semblables aux schistes cambriens fossilifères (Saint-Jean-Delnous), des lambeaux de calcaires (1$^{km}$ Est de Saint-Michel-Labadie) et de calcschistes (Vallée du Tarn au Sud d'Assac). Il est normal d'admettre que le synclinal de l'Albigeois montre les différents étages reconnus dans le Sud-Est; mais ces terrains ont été disloqués à l'extrême, après le métamorphisme, et la structure nous a paru indéchiffrable.

II. Le Massif de Rodez et du Levezou, hautement métamorphique, montre :

*a*. Au Sud de Rodez, un anticlinal de direction Nord-Est, avec un axe gneissique surmonté en parfaite concordance par une formation de micaschistes.

La surface de séparation, au Sud, est légèrement ondulée, plongeant à 30 pour 100 environ vers le Sud; au Nord elle est plissée en plis serrés, d'axes Nord-Est, couchés vers le Nord-Ouest, le plissement paraissant antérieur au métamorphisme. Cet ensemble très régulier est limité au Sud par le massif de gneiss de Salmiech; la surface de séparation est redressée et les micaschistes du Nord présentent en bordure des phénomènes de métamorphisme de contact (développement des cornéennes et de schistes tachetés). — Les gneiss généralement réguliers présentent dans l'Est des portions porphyroïdes; le degré de métamorphisme des gneiss et micaschistes décroît de l'Est à l'Ouest.

*b*. A l'Est, le massif du Levezou est constitué essentiellement par des gneiss d'injection avec nombreux pointements granitiques; une bande d'amphibolites (diorites et gabbros), de 1 à 3$^{km}$ de large, en fait le tour (sauf à l'Est où elle peut cependant exister sous les terrains sédimentaires).

Dans l'ensemble, les schistosités se disposent en voûte, les directions variant pour suivre les limites du massif; les pendages très élevés sur le bord sont réduits dans l'intérieur. Le métamorphisme est moins avancé sur le pourtour, notamment dans le Sud-Est.

---

([3]) *Contribution à l'étude géologique des Monts de Lacaune et des terrains cambriens et ordoviciens de la Montagne Noire*, Paris, 1935.

*c*. Au sud des deux précédentes subdivisions et mordant sur le Levezou jusqu'à Saint-Beauzély, s'allonge une zone, de direction Ouest à Nord-Ouest, de schistes sériciteux, quartzites et micaschistes avec intercalations de granites en dykes lenticulaires concordants; ces granites impliqués dans les mouvements tectoniques à des degrés divers, présentent toutes les transitions depuis le granite porphyroïde jusqu'au gneiss à grain fin.

C'est aux dépens des terrains les plus méridionaux de cette zone que s'est développée la zone du Giffou. Le massif de Salmiech serait l'intercalation la plus importante et la plus au Nord.

III. La zone Ouest, dans sa portion Nord (feuille de Rodez), est occupée en grande partie par le massif de granite non déformé de Villefranche, où un grand pendentif de micaschistes gneissifiés et injectés de filons d'aplites et lamprophyres détermine deux affleurements séparés.

Plus au Sud, entre le Cérou et le Viaur, à l'Ouest du méridien de Carmaux, les micaschistes, de direction Ouest-Nord-Ouest, très redressés, alternent avec des gneiss et des amphibolites; autour de Laguépie la série est intensément broyée.

Après l'interruption due aux sédiments tertiaires de l'Albigeois, on retrouve à l'ouest de Réalmont un affleurement cristallin montrant des alternances de micaschistes, gneiss et amphibolites semblables à ceux de la région nord du Cérou.

Il y a une opposition tranchée entre l'anticlinal sud de Rodez avec sa série régulière de gneiss et micaschistes et le synclinal de l'Albigeois. Ce fait peut s'expliquer par l'attribution du métamorphisme de la série de Rodez à un cycle antérieur au cycle hercynien; nous n'avons pas trouvé la preuve de cette hypothèse.

On peut aussi, avec une facilité séduisante, expliquer les aspects divers que présente le pays cristallin étudié, suivant les idées de Wegmann ([4]) sur les migmatites, par les irrégularités du front de migmatisation ou par des alternatives d'avancée et de recul de ce front.

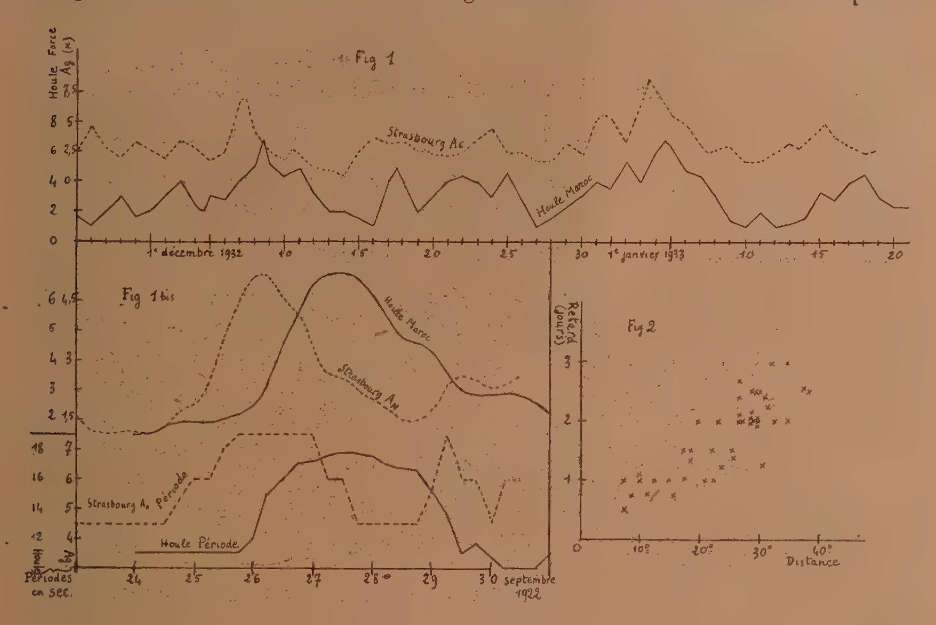
Seule l'analyse structurale détaillée, poursuivie sur le terrain et sur les plaques minces, permettra de choisir entre ces hypothèses.

---

([4]) C.-F. Wegmann, *Zur Deutung der Migmatite* (*Geologische Rundschau*, 26, 1935, p. 305-350).

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Relation entre la houle sur la Côte du Maroc et l'agitation microséismique en Europe Occidentale.* Note [1] de M. **Pierre Bernard**, présentée par M. Charles Maurain.

I. Différents auteurs ont étudié parallèlement l'agitation microséismique et l'état de la mer sur les côtes d'Europe. Il serait intéressant de comparer aussi les variations de l'agitation à celle de la houle en plein




Océan; à défaut de données directes sur cette dernière, j'ai cru possible d'utiliser les observations de la houle sur la côte nord-ouest du Maroc qui sont faites en distinguant la houle lointaine (provenant de dépressions parfois très éloignées) du clapotis local éventuellement créé par le vent [2].

Les résultats de cette comparaison sont les suivants :

1° Il existe un étroit parallélisme entre les variations d'intensité de la houle au Maroc et celle de l'agitation microséismique à Strasbourg, comme on le voit sur les figures 1 et 1 *bis*.

---

(1) Séance du 5 juillet 1937.

(2) *Bulletin météorologique du Maroc* publié par l'Institut scientifique chérifien, *passim* et M. Montagne (*Annales hydrographiques*, 3e série, 5, 1922, p. 157).

2° Les maxima d'agitation sont *en avance* sur ceux de la houle au Maroc.

3° La différence des temps d'arrivée d'un maximum d'agitation à Strasbourg et du maximum correspondant de la houle *n'est pas constante*.

En conséquence, on est conduit à admettre que les deux phénomènes ont une origine commune C de position variable. Or, si l'on relève les dates des maxima d'agitation à Strasbourg, on trouve qu'ils correspondent à la présence sur l'Océan d'une zone dépressionnaire plus ou moins profonde ([3]). Admettons qu'une dépression C soit l'origine commune de deux propagations, l'une par le sol (agitation), l'autre par la surface de la mer (houle) : les vitesses respectives de propagation de la houle et des ondes séismiques étant très différentes, on peut, en première approximation, supposer que l'époque $t$ du maximum d'activité de C coïncide avec celle du maximum d'agitation aux diverses stations séismiques, tandis que celle $t'$ de la plus grande force de la houle retarde au Maroc de 1 à 3 jours sur $t$, la différence $t' - t$ étant la durée de propagation de la houle entre C et le Maroc. Soit D la distance à l'instant $t$ entre la perturbation C et le Maroc : si l'on porte sur un graphique chaque valeur de D en fonction de la différence $t' - t$, les points se groupent autour d'une droite ou d'une courbe, ce qui vérifie la relation nécessaire entre la distance D et le temps $t' - t$ (*fig.* 2).

II. Les centres étudiés jusqu'à présent sont répartis sur une grande étendue, mais se groupent particulièrement au sud de l'Islande et à l'ouest de la Grande-Bretagne et du Portugal.

Voici quelques exemples :

| Date du maximum de l'agitation. | Retard de la houle au Maroc. | Position de la dépression. | Distance au Maroc en arc de grand cercle. |
|---|---|---|---|
| 15 janvier 1933 | 2 1/2 j | au nord de l'Islande | 38° |
| 11 janvier 1930 | 2 | entre l'Écosse et l'Islande | 28 |
| 26 septembre 1922 | 1 1/3 | ouest de l'Irlande | 19 |
| 7 décembre 1932 | 1 | au large de la Corogne | 10 |

III. On a trouvé, en outre, que les amplitudes relatives de la houle et de l'agitation et le rapport des distances respectives de la dépression à Strasbourg et au Maroc varient dans le même sens, comme il fallait s'y attendre.

IV. Il a été possible, dans certains cas, de mettre également en évidence un parallélisme entre les variations de période de la houle au Maroc et de

([3]) Fait déjà signalé par Lacoste et d'autres auteurs.

l'agitation à Strasbourg, avec un retard des premières sur les secondes (*fig.* 1 *bis*).

V. Lee ([4]) a signalé que la présence d'une dépression n'est pas toujours accompagnée d'une forte agitation microséismique. Par exemple les deux dépressions des 3 et 11 janvier 1930, également profondes et sembablement situées, ont eu des effets microséismiques bien différents. Or on trouve que la dépression du 3 janvier, inactive pour l'agitation, l'a été également par la houle au Maroc, tandis que celle du 11, accompagnée d'une agitation exceptionnelle a été suivie d'une forte houle (7) au Maroc le 13.

VI. *Conclusion.* — On est ainsi amené à faire intervenir comme cause de l'agitation microséismique l'action de la houle à son point d'origine. Du point de vue pratique, la connaissance des variations de l'agitation microséismisque donnerait certainement des indications utiles à la prévision de la houle sur les côtes du Maroc.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Comparaison de la radioactivité de roches d'Alsace par la méthode des tubes compteurs.* Note de MM. **Edmond Rothé** et **Th. Kopcewicz**, présentée par M. Charles Maurain.

On a montré la possibilité d'effectuer une prospection radiométrique par l'observation des radiations pénétrantes ([1]). Si l'on veut comparer par les mêmes radiations pénétrantes, au laboratoire, l'activité d'échantillons recueillis sur place, il est commode d'utiliser un tube compteur Geiger Muller ([2]).

Ce tube, de $2^{cm}$ de diamètre, occupe la partie centrale d'un cylindre de laiton, isolé à la paraffine, ayant environ $6^{cm}$ de diamètre, $7^{cm},5$ de hauteur. La substance active, finement pulvérisée, occupe le volume laissé libre entre le tube et le cylindre, c'est-à-dire $2^{cm}$ d'épaisseur sur toute la hauteur. La matière du tube compteur, aluminium ou laiton, est assez épaisse pour que les rayons $\alpha$ n'entrent pas en ligne de compte. C'est seulement l'action des rayons $\gamma$ et de certains rayons $\beta$ qui sera observée ici.

L'ensemble de ce dispositif est introduit dans la cavité centrale d'un

---

([4]) *Met. Office, Geoph. Mem.*, 62, 1934, p. 25.

([1]) E. Rothé et Mme A. Hée, *Comptes rendus*, **201**, 1935, p. 892; **203**, 1936, p. 268; **204**, 1937, p. 1835.

([2]) W. Vogt, *Physikalische Zeitschrift*, **34**, 1933, p. 80.

anneau cylindrique de plomb ([3]) dont les rayons ont 5 et 15$^{cm}$; l'épaisseur est ainsi 10$^{cm}$ sur 13$^{cm}$ de largeur. Des écrans de plomb convenablement aménagés laissent passer les connexions par les ouvertures indispensables. De toutes parts le tube est ainsi protégé par une épaisseur de plomb suffisante contre les rayonnements parasites des substances, objets ou murs voisins. Les rayons très pénétrants, comme les rayons cosmiques, traversent ces épaisseurs et contribuent à l'effet parasite mesuré au préalable et retranché de l'effet total. Les décharges sont inscrites sur un cylindre universel Boulitte par un oscillographe Abraham placé à la sortie d'un amplificateur à trois lampes. Ce dernier a été convenablement étudié au point de vue de la polarisation des lampes. On a ainsi atteint ce résultat que, sans substance radioactive, le dispositif sous une tension déterminée fournit un nombre de décharges parasites à peu près invariable à 3 pour 100 près.

Les deux substances sur lesquelles ont porté les comparaisons sont le granit de Brifosse (Sainte-Marie-aux-Mines) et la rhyolite du Rosskopf, qui, par les études précédemment rappelées, se placent parmi les plus actives de la région. Le rapport de leurs activités sous volume constant a été trouvé égal à 1,48.

Des comparaisons entre les deux substances étalonnées, très diluées, préparées l'une à partir de $BaCl^2$ radifère, l'autre de $CO^3Ba$ très pur, ont montré que la précision est suffisante au degré d'exactitude indiqué pour le comptage des chocs. Le deuxième étalon, préparé par M$^{me}$ Hée, contenait, dans 222$^g$,9, $43,9.10^{-10}$ grammes de Ra. Le nombre de chocs propre est de 1731. Pour le granit, deux expériences ont donné 2620 et 2870 chocs pour 211$^g$,5 de poudre, ce qui conduit aux chiffres 31,4 et $34,4.10^{-12}$, soit $32,9.10^{-12}$ en moyenne.

Pour la rhyolite, pour 196$^g$,7 de poudre, on a obtenu 1719 chocs, ce qui conduit au chiffre $22,1.10^{-12}$. Ces chiffres représentent non pas la teneur en Ra, mais la quantité de Ra qui, dans les mêmes conditions et sous même volume, mais dans du $BaCl^2$, produit le même effet que l'ensemble des substances actives contenues dans la roche.

D'autres séries de mesures ont conduit à des chiffres très voisins des précédents.

---

([3]) Ce plomb, provenant de la cathédrale de Strasbourg, et datant de plusieurs siècles, a été reconnu inactif. Certains plombs actuels du commerce manifestent au contraire une certaine activité.

MÉTÉOROLOGIE. — *L'influence du relief terrestre sur les mouvements verticaux de l'air à la Banne-d'Ordanche (Massif du Mont-Dore).* Note de M. **Albert Baldit**, présentée par M. Charles Maurain.

Cette étude fait partie d'un ensemble de recherches organisées par l'Office National Météorologique à la station de la Banne-d'Ordanche, auprès du Centre National de vol sans moteur. Les résultats proviennent d'une série de 69 sondages à 2 théodolites exécutés sur la base de $1022^{m},50$, dont l'une des extrémités est au Puy-Loup (alt. $1479^{m}$). Les ballons pilotes, équilibrés, ou possédant une légère vitesse ascensionnelle, ont été suivis à l'aide de théodolites ordinaires de sondage, ou de théodolites inscripteurs du modèle Hubert-Lepetit. L'approximation avec laquelle la position du ballon a été déterminée est de $2^{m}$ en moyenne, jusqu'à une hauteur de $1200^{m}$ au-dessus du point de départ, limite rarement dépassée.

Les questions plus particulièrement examinées au cours de cette campagne, se rapportent au vent de pente, à la formation des colonnes d'air brusquement ascendantes le long des pentes de montagne, et aux tourbillons entraînés, à axe vertical.

1. Des deux effets qu'une vallée produit sur le vent, vent de vallée, et vent de pente, celui-ci est le plus développé dans la vallée de la Dordogne, sur son versant nord, qui limite le massif de la Banne-d'Ordanche. Ces ascendances sont utilisées journellement par les planeurs du Centre.

On a reconnu que, par temps calme, ou vent très faible, le vent de pente emprunte, entre autres voies d'accès privilégiées, une sorte de sillon orographique, orienté de l'WSW à l'ENE, qui, partant du fond de la vallée (alt. $900^{m}$), débouche vers $1350^{m}$ d'altitude, à la Banne-d'Ordanche, au-dessous du signal géodésique. La hauteur jusqu'à laquelle ce vent de pente s'élève au-dessus du rebord de la vallée, dépend des conditions de stabilité de l'atmosphère. Les sondages à deux théodolites ont permis de reconnaître son action à des hauteurs dépassant $500^{m}$ au-dessus de ce rebord, et à des distances horizontales de plus de $2^{km}$.

Des discontinuités de direction et d'ascendance, constatées à plusieurs reprises, vers $1900^{m}$ d'altitude, indiquent que le vent de pente est influencé par les courants atmosphériques de direction Sud à Sud-Est qui franchissent la barrière du Sancy ($1886^{m}$) : il est parfois fortement rabattu par ces courants.

2. Les sillons orographiques qui découpent le versant nord de la vallée

de la Dordogne servent, non seulement au vent de pente ascendant, mais à l'air froid qui descend le soir des sommets vers les vallées. On a trouvé (2 août, 26 septembre 1935), des vitesses verticales régulières de $0^m,50$ vers le bas. Lorsque ces masses d'air descendantes atteignent la Banne-d'Ordanche, la turbulence du vent cesse pour faire place à un écoulement purement laminaire.

3. On doit rattacher au vent de pente les colonnes d'air fortement ascendantes, suffisamment rapides pour entraîner dans la hauteur des objets légers, qui se forment sous certaines conditions sur les flancs des montagnes. L'un de ces phénomènes, observé à la Banne-d'Ordanche le 11 septembre 1935, a été étudié à l'aide des documents aérologiques réunis pendant cette journée.

Ces ascendances se produisent lorsque de l'air maritime frais venant d'Ouest rencontre un reste d'air continental chaud, se déplaçant sous forme de vent faible des régions Est limité aux couches les plus basses de l'atmosphère, la ligne de rencontre étant dessinée par une chaîne de montagnes orientée Nord-Sud.

Aux conditions ordinaires qui rendent l'air chaud ascendant au milieu de l'air maritime plus frais, s'ajoutent ici l'influence de la pente orientale, qui donne au vent d'Est une ascendance supplémentaire, et l'influence de la pente occidentale, qui refroidit l'air maritime par élévation adiabatique.

La colonne d'air du 11 septembre, dont le début a eu lieu à $9^h45^m$, T. M. G., donnait encore à $10^h33^m$ des vitesses verticales de 3 m/s, et son sommet atteignait à ce moment une hauteur de $500^m$ au moins au-dessus du Puy-Loup (alt. $1479^m$).

4. On remarque parfois, au cours des sondages à deux théodolites, une discordance complète entre le sens des vitesses verticales de l'air et l'inclinaison de la pente, des vitesses descendantes étant par exemple rencontrées au-dessus de pentes ascendantes. Les anomalies de cette nature sont dues à l'arrivée de faibles grains ou de fronts froids minuscules dont les mouvements verticaux propres interfèrent avec ceux qui sont produits par le relief.

Si les deux effets se contrarient, on peut trouver des mouvements descendants de l'air au-dessus de pentes ascendantes. Si les effets s'ajoutent, les vitesses verticales, en particulier, les vitesses descendantes prennent, sous le vent des montagnes, une intensité notable. C'est le cas du 9 septembre 1935, où, sous le vent de la chaîne du Barbier, les vitesses verticales dirigées vers le bas atteignait près de $3^m$ à la seconde (moyenne en $30^s$).

5. L'analyse de certains sondages a mis en lumière des mouvements de rotation de l'air provenant de tourbillons à axe vertical entraînés par les courants atmosphériques. Un tourbillon décelé le 7 octobre 1935 possédait une rotation dextrorsum (vu d'en haut), et un mouvement de l'air descendant. Il a été observé à une hauteur de 350$^m$ au-dessus du sol, dans le voisinage d'une pente très accusée (ravin du ruisseau de Rochefort). La formation de tels tourbillons s'explique ainsi. Lorsque deux couches d'air superposées ont des stabilités très différentes, la couche inférieure étant instable, et la couche supérieure stable, et que la surface de séparation des deux couches se trouve au-dessous de la limite d'influence verticale du relief, il se produit à la rencontre d'un accident orographique important, une tendance au décollement des deux couches, d'où production de mouvements tourbillonnaires.

En étudiant un autre sondage, effectué le 25 septembre 1936 par parachute lancé du bord d'un motoplaneur, on a identifié à une hauteur de 600$^m$ au-dessus du terrain, à une altitude de 1900$^m$, un mouvement tourbillonnaire à sens de rotation dextrorsum et vitesse ascendante de l'air. Les vitesses ascendantes diffèrent nettement en des points diamétralement opposés du tourbillon. Cette différence paraît due à une inclinaison de l'axe. Si l'inclinaison de l'axe sur la verticale est suffisamment accentuée, on peut même trouver d'un côté, des vitesses ascendantes, et de l'autre, des vitesses descendantes. Si le tourbillon à axe d'abord vertical pénètre dans des couches d'air à fortes vitesses horizontales du vent, l'axe s'incline de plus en plus vers l'horizontale, et l'on a dans ce cas une sorte de bande d'ascendance, avec condensation nuageuse possible, contiguë à une bande de mouvements descendants.

EMBRYOGÉNIE VÉGÉTALE. — *Embryogénie des Violacées. Développement de l'embryon chez le* Viola tricolor *L.* Note de M. **René Souèges**, présentée par M. Pierre-Augustin Dangeard.

Pour bien comprendre les processus du développement de l'embryon du *Viola tricolor*, il faut les comparer à ceux qui ont été déjà décrits au sujet du *Geum urbanum* [1]. On saisira ainsi aisément les analogies profondes

---

[1] R. Souèges, *Comptes rendus*, **174**, 1922, p. 1070 et 1197; *Bull. Soc. Bot. Fr.*, **70**, 1923, p. 645.

qui apparentent les deux plantes et les différences essentielles qui les séparent.

La cellule basale du proembryon bicellulaire se divise avant la cellule apicale ; elle prend une cloison nettement transversale (*fig.* 1 à 3), pour donner deux éléments superposés, *m* et *ci*. La cellule apicale se partage à son tour peu après par une cloison oblique séparant deux cellules de forme et de dimensions dissemblables, *a* et *b*.

L'élément intermédiaire, *m*, de la tétrade ainsi constituée (*fig.* 4), se segmente

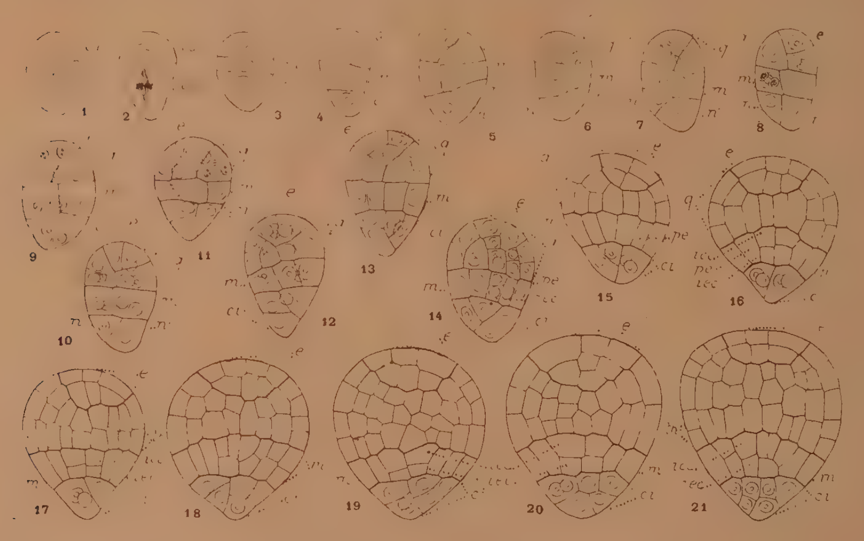


Fig. 1 *à* 21. — *Viola tricolor* L. Les principaux termes du développement de l'embryon. *ca* et *cb*, cellule apicale et cellule basale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule intermédiaire de la tétrade ou groupe cellulaire qui en dérive; *ci*, cellule inférieure de la tétrade ou éléments qui en sont issus; *a* et *b*, cellules filles de *ca*; *n* et *n'*, cellules filles de *ci*; *q*, quadrants; *e*, épiphyse; *pe*, périblème, *icc*, initiales de la stèle, et *iec*, initiales de l'écorce de la racine; *th*, tige hypocotylée. G. = 280.

ensuite verticalement ; l'élément inférieur, *ci*, prend également une cloison verticale, quelque peu oblique, pour donner deux cellules à peu près juxtaposées, *n* et *n* (*fig.* 5 à 8). Dans *a* et *b*, les cloisons sont perpendiculaires l'une à l'autre et normales à la paroi précédente, de sorte que les quatre noyaux issus de ces deux cinèses se disposent en tétraèdre régulier. L'élément du sommet devient une cellule épiphysaire (*e*, *fig.* 7), tout à fait comparable, par son mode d'origine, ses processus de division et ses fonctions, à la cellule épiphysaire du *Geum urbanum*. Au terme de ces divisions, le proembryon est octocellulaire et présente trois étages *q*, *m* et *ci* (*fig.* 7).

L'étage supérieur, *q*, constitué par quatre quadrants, groupés en tétraèdre, produit, en outre de l'épiphyse, la partie cotylée proprement dite et la moitié supérieure de l'hypocotyle. A cet effet, les trois éléments sous-épiphysaires se divisent par des

cloisons, en général tangentielles (*fig.* 11, 13), séparant les premiers éléments de dermatogène (*fig.* 12, 14, 15), parfois horizontales ou obliques (*fig.* 10, à gauche). Aux cloisons verticales succèdent toujours des parois transversales, d'abord dans les cellules les plus extérieures (*fig.* 14 à 16), puis dans les cellules intérieures (*fig.* 17). Il se développe ainsi deux assises dont les parois de séparation se placent dans le plan équatorial du massif sphérique que forme à ce stade le proembryon : l'assise supérieure donne la partie cotylée proprement dite, l'assise inférieure la portion supérieure, *th*, de l'hypocotyle (*fig.* 17, 19 à 21), celle qui est destinée à devenir la tige hypocotylée.

Les deux éléments de l'étage *m* (*fig.* 5 à 7), par cloisons verticales, donnent d'abord quatre cellules circumaxiales (*fig.* 9, 10), puis une assise cellulaire transverse (*fig.* 12 à 15), dans laquelle apparaissent nettement, à un moment donné, trois éléments de chaque côté de l'axe (*fig.* 15). Les plus extérieurs de ces éléments sont des cellules mères de dermatogène et de périblème. Dans les éléments voisins de l'axe, des cloisons transversales isolent, vers le bas (*fig.* 16, 17), les initiales de l'écorce, vers le haut, les initiales du plérome de la racine. Ces dernières se partagent, en règle générale, verticalement pour donner, vers l'extérieur, les premiers éléments de péricambium. Ces processus de segmentation peuvent varier; ils ne sont pas, d'ailleurs, toujours nettement distincts, car il est difficile d'obtenir des coupes rigoureusement axiales, et l'embryon lui-même se développe le plus souvent de manière dissymétrique. Quoi qu'il en soit, il apparaît nettement que les éléments issus de *m* engendrent la portion inférieure de l'hypocotyle, celle qui représente le primordium de la racine.

Les éléments de l'étage *ci* produisent un massif conique très court, aux dépens duquel se constitue le primordium de la coiffe. Il n'apparaît pas de suspenseur.

En définitive, c'est à l'embryon du *Geum urbanum* que celui du *Viola tricolor* doit être rattaché. La tétrade offre les mêmes caractères et ses deux cellules supérieures produisent quatre éléments disposés en tétraèdre, dont l'un se convertit en une épiphyse, identique, sous tous les rapports, à celle des Potentillées. Mais des différences essentielles séparent les deux types embryonnaires. Chez le *Viola*, les trois éléments sous-épiphysaires donnent la partie cotylée proprement dite et la moitié supérieure de l'axe hypocotylé, au lieu de produire la partie cotylée seulement; l'élément *m* ne fournit que la moitié inférieure de l'hypocotyle au lieu d'engendrer l'hypocotyle tout entier; les initiales de l'écorce de la racine prennent naissance aux dépens de l'hypocotyle au lieu de procéder d'une cellule hypophysaire originaire de *ci*; enfin il ne se développe pas de suspenseur, la cellule inférieure *ci* contribuant seulement à la construction de la portion médiane de la coiffe.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Présence de l'acide allantoïque dans les feuilles de* Coryllus avellana. Note [1] de M. **Lucien Leroux**, présentée par M. Richard Fosse.

Le suc d'expression des jeunes feuilles de *Coryllus avellana* (noisetier), en présence de chlorhydrate de phénylhydrazine, de ferricyanure de potassium et d'acide chlorhydrique concentré, donne la réaction indiquée par Schryver pour l'aldéhyde formique [2] et par Fosse et Hieulle pour l'acide glyoxylique [3].

Or l'aldéhyde formique ne peut y être décelé par la méthode sensible et spécifique au β-naphtol de Fosse, de Graeve et Thomas [4]. D'autre part le suc hydrolysé fournit de l'urée caractérisable avec le xanthydrol.

Nous avons découvert que ces réactions étaient dues à l'acide allantoïque, uréide de l'acide glyoxylique, déjà trouvé par Fosse [5] dans les jeunes feuilles d'*Acer pseudoplatanus* et le légume vert de *Phaseolus vulgaris*, et nous avons caractérisé ce corps par les préparations de son dérivé dixanthylé et de son sel d'argent.

*Préparation de l'acide dixanthylallantoïque*

$$\left[ O \langle {}^{C^6H^4}_{C^6H^4} \rangle CH{-}NH{-}CO{-}NH \right]^2 CH{-}COOH.$$

300g de feuilles de noisetier, récoltées au début de mai, sont broyées et soumises à la presse. Le résidu est délayé dans l'eau distillée et pressé à nouveau. L'opération est répétée jusqu'à obtenir $300^{cm^3}$ de liquide. Après refroidissement à la glacière (4 heures), on défèque avec $45^{cm^3}$ d'une solution saturée à froid d'acétate d'urane. On filtre à la glacière. Le liquide limpide est versé dans son volume d'acide acétique contenant 1/200e de xanthydrol. Après une nuit à la glacière, le précipité est essoré, lavé à l'acide acétique et séché à 40°.

Poids d'acide dixanthylallantoïque brut, $0^g,300$.

---

(1) Séance du 28 juin 1937.

(2) G. Bertrand et P. Thomas, *Manipulations de chimie biologique*, 3e édition, 1919, p. 441.

(3) R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1596.

(4) R. Fosse, P. de Graeve et P.-E. Thomas, *Comptes rendus*, **200**, 1935, p. 1450 et **201**, 1935, p. 105.

(5) R. Fosse, *Comptes rendus*, **182**, 1926, p. 175 et 869; **183**, 1926, p. 1114 et *Revue générale des Sciences*, 38, 30 novembre 1927, p. 635; R. Fosse et A. Hieulle, *Comptes rendus*, **184**, 1927, p. 1596; R. Fosse et V. Bossuyt, d'après R. Fosse, *L'Urée*, Paris, 1928, p. 196.

*Préparation de l'allantoate d'argent*

$$\begin{matrix} NH^2-CO-NH \\ NH^2-CO-NH \end{matrix}\!\!>\!CH-COOAg.$$

Traité par l'alcool chlorhydrique, l'acide dixanthylallantoïque se scinde en xanthydrol et acide allantoïque que nous avons transformé en sel d'argent suivant la technique qui nous a été indiquée par M. Fosse.

$0^g,200$ d'acide dixanthylallantoïque brut, finement pulvérisés et recouverts d'éther absolu ($2$-$3^{cm^3}$) dans un tube fortement refroidi, sont additionnés progressivement de 40 gouttes d'alcool absolu saturé de gaz chlorhydrique sec. On triture avec $15^{cm^3}$ d'éther puis on centrifuge. Le résidu est épuisé trois fois par l'éther. Il est ensuite broyé avec $3^{cm^3}$ d'eau glacée et de la potasse N/10 jusqu'à faible réaction alcaline à la phtaléine. On centrifuge et filtre. Le filtrat est additionné de $0^g,2$ de nitrate d'argent solide puis, après dissolution par agitation, d'un volume d'alcool absolu. On laisse reposer à la glacière pendant 4 heures. On centrifuge. Le précipité est épuisé par de l'eau très chaude (80°). On filtre et le liquide est traité par un volume d'alcool absolu.

Après quelques heures à la glacière, l'allantoate d'argent cristallise en aiguilles microscopiques groupées, solubles dans l'eau chaude, insolubles dans l'alcool.

Les cristaux sont lavés à l'alcool et séchés à 40°. Poids, $0^g,025$. On les redissout dans l'eau chaude, acidulée par quelques gouttes d'acide nitrique et l'on dose l'argent à l'état de chlorure. Ag pour 100 trouvé, 37,65; théorie, 38,12.

*Dosage.* — Le dosage est effectué suivant la technique de Fosse et Bossuyt [6] basée sur l'hydrolyse de l'acide allantoïque et la précipitation de l'urée mise en liberté au moyen du xanthydrol.

$130^g$ de jeunes feuilles de noisetier (humidité à 100°-110° : 66,35 pour 100) sont broyées et soumises à la presse. Le résidu est délayé dans l'eau distillée ($120^{cm^3}$) et exprimé. On recueille $100^{cm^3}$ de liquide. On centrifuge, ajoute au liquide $10^{cm^3}$ d'acide chlorhydrique N et hydrolyse par chauffage pendant 30 minutes au bain-marie à 60°. On filtre. On défèque avec $30^{cm^3}$ de sous-acétate de plomb liquide. On filtre. $70^{cm^3}$ du filtrat sont soumis au passage d'hydrogène sulfuré pendant 30 minutes. Le sulfure est filtré et lavé, l'hydrogène sulfuré est balayé par un courant d'air. On neutralise avec un peu de soude. Le volume total atteint $85^{cm^3}$.

A $15^{cm^3}$ de ce liquide, on ajoute $30^{cm^3}$ d'acide acétique et $2^{cm^3},25$ de xanthydrol méthylique à 10 pour 100. Après 24 heures on recueille la xanthylurée. Poids obtenu, $0^g,008$. Acide allantoïque correspondant, $0^g,0016$.

Acide allantoïque pour $1000^g$ de feuilles sèches, $0^g,430$.

---

(6) Voir note (5).

CHIMIE AGRICOLE. — *Mesure de la capacité des sols en chaux et chaulage des sols acides.* Note (1) de MM. **Vincent**, **Herviaux** et **Coic**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les sols fixent les bases par les colloïdes minéraux et organiques entrant dans leur constitution; les fonctions acides des colloïdes se saturent; la réaction alcaline peut, suivant la nature des bases, dépasser pH = 8. En présence d'un excès de calcaire, la neutralisation atteint pH = 7,8, qui est celui correspondant à une solution aqueuse de $CO^3Ca$.

A chaque sol correspond une quantité déterminée de CaO pour sa saturation totale, quantité qui représente sa *capacité de saturation*. Dans les sols calcaires, tenant au minimum 1 pour 100 de carbonate, la capacité est satisfaite lorsque pH = 7,8.

La mesure de la capacité est importante puisqu'elle permet de fixer la limite maxima de chaux nécessaire à la saturation des sols acides; nous allons montrer qu'elle permet aussi de calculer la quantité de chaux qu'il faut apporter pour réaliser un milieu biologique de pH = 7, reconnu le meilleur pour le développement des plantes et l'utilisation des engrais.

La mesure de la capacité d'un sol s'obtient en le traitant par un excès de $CO^3Ca$ en présence d'acétate de potassium. Le potassium déplace les ions H et Ca du sol; les ions H libérés attaquent $CO^3Ca$ : la chaux totale dissoute, déduction faite de la quantité que solubilise la solution d'acétate en présence de $CO^3Ca$, donne la capacité du sol en chaux.

A $10^g$ de sol on ajoute un gramme de $CO^3Ca$ pur, précipité, $150^{cm^3}$ de solution d'acétate de potassium N/2 et l'on agite mécaniquement pendant deux heures. La chaux dissoute est dosée (permanganate N/20).

La quantité de chaux nécessaire pour réaliser un milieu correspondant à pH = 7 se calcule en assimilant l'acidité des sols à celle d'une solution acétique N/10 qu'on sature avec une solution de soude N/10. Lorsque, au cours de la saturation, on atteint pH = 7, le rapport entre les quantités de bases ajoutées aux pH = 7 et pH = 7,8 indiqué par la courbe de saturation, égale 0,83.

Ce rapport entre les quantités de bases aux pH indiqués a été constaté dans les déterminations que nous avons faites sur différents sols correspondant à des pH voisins de 7.

(1) Séance du 5 juillet 1937.

La quantité de chaux dont un sol a besoin s'obtient en multipliant sa capacité en chaux par le coefficient 0,83. La quantité de chaux qu'on doit donner au sol est la différence entre ce besoin physiologique et la chaux échangeable du sol qui est mesurée en même temps que la capacité, par la même méthode, sans correction de solubilité.

L'emploi du carbonate de calcium pour ces mesures correspond aux conditions naturelles : il ne peut donner lieu aux interprétations qu'ont suscitées les solutions de chaux ou de bicarbonate utilisées dans d'autres méthodes.

ZOOLOGIE. — *Métamorphose prématurée par ablation des* corpora allata *chez le jeune ver à soie*. Note de M. **Jean-Jacques Bounhiol**, présentée par M. Maurice Caullery.

Nous avons exposé déjà (1) les résultats de l'allatacorporectomie double, ou ablation chirurgicale des *corpora allata*, chez le ver à soie au dernier âge larvaire (entre la IVe mue et la mue nymphale) : la métamorphose, nymphe puis papillon, se produit dans la majorité des cas et dans des délais sensiblement normaux, que l'opération soit pratiquée tôt ou tard après la IVe mue.

Nous avons réussi la même ablation sur des vers plus jeunes : entre leur IIIe et IVe mue. Cette période, ou avant-dernier âge, dure normalement, dans nos élevages (temp. 19°-25°C.), 7 jours pleins de la fin de la IIIe exuviation jusqu'au début de la IVe mue; les durées de 6 jours et de plus de 8 jours sont exceptionnelles.

Les époques des 50 allatacorporectomies envisagées ici s'échelonnent de 1 jour révolu après la IIIe mue jusqu'au 7e jour : des 12 vers opérés entre le 6e et le 7e, quatre ont mué; les 18 opérés entre le 1er et le 4e, sont tous morts, mais avec des survies très différentes; des 20 opérés du 4e au 6e jour, deux ont mué, neuf ont donné des nymphes, dont deux sont mortes sans pouvoir se dépouiller.

Les *témoins chirurgicaux* ayant subi, entre le 4e et le 6e jour, les mêmes traitements (anesthésie, contention, incisions et traumatismes locaux) que ceux permettant l'ablation des C. A., n'ont jamais donné de nymphes, mais ont mué quand ils ont survécu. De même, ne se nymphosent pas les

(1) *Comptes rendus*, **203**, 1936, p. 388.

demi-opérés, c'est-à-dire ceux où un seul des C. A. a pu être enlevé; observés à part, ils n'entrent pas dans la statistique précédente.

Indiquons brièvement le comportement post-opératoire :

Vers tardivement opérés : ils entrent en mue rapidement; les cicatrices gênent mécaniquement le dépouillement; peu réussissent à se dégager spontanément et sans hémorragie fatale.

Vers précocement opérés : ils ne peuvent vivre que si les cicatrices ne les empêchent pas de s'alimenter; certains n'arrivent qu'à grignoter des nervures ou le bord des feuilles et ne peuvent que retarder leur mort par inanition. Quatre opérés, en mangeant normalement, ont survécu longtemps, dépassant notablement l'âge de la IV$^e$ mue qui ne s'est pas produite.

Quant aux opérés qui donnent des nymphes, les uns ne cherchent même pas la nourriture, circulent dans leur cage, et se comportent comme des vers du dernier âge *en montée;* plusieurs ont filé de petits cocons translucides, où ils se nymphosent; d'autres se nymphosent sans filer; quelques-uns mangent avidement puis s'immobilisent, avec ou sans filage, et se nymphosent un peu plus tard que les précédents. Le filage se produit, en général, du 7$^e$ au 10$^e$ jour après la III$^e$ mue, moment où les vers devraient subir la IV$^e$ mue normale; et la mue nymphale se produit vers le 11$^e$ ou 12$^e$ jour. Compte tenu de la durée normale (2 jours) de la IV$^e$ mue, on voit que les opérés escamotent cette IV$^e$ mue, et que la durée de leur vie larvaire (éclosion à mue nymphale) est d'un tiers (16 jours) inférieure à la normale (48 jours environ).

Il est intéressant de noter que la IV$^e$ mue n'est possible, chez les vers témoins, que si l'alimentation dure jusqu'au 5$^e$ $^1/_2$-6$^e$ jour après la III$^e$ mue. La mue nymphale des opérés est donc compatible avec une cessation plus précoce (4$^e$ jour) de l'alimentation.

L'aspect des petites nymphes est sub-normal; ailes et appendices sont disposés classiquement; les sternites abdominaux postérieurs montrent les différences caractérisant le sexe (femelles en majorité), alors qu'au moment de l'opération, les vers ne présentent pas de caractères sexuels secondaires. Le poids oscille entre 0$^g$,16 (♂) et 0$^g$,47 (♀), alors que, chez 20 nymphes témoins, les poids extrêmes constatés ont été 0$^g$,73 (♂) le plus léger et 1$^g$,57 (♀ le plus lourd).

L'évolution de ces nymphes s'est poursuivie; au bout d'une quinzaine de jours (durée normale de nymphose), un papillon s'est spontanément dégagé et nous avons pu extraire plusieurs petits papillons mort-nés.

Les C. A. ont-ils un rôle inhibiteur temporaire sur la métamorphose

des Lépidoptères, comme l'a suggéré Wigglesworth ? De nouvelles expériences nous permettront peut-être de préciser ce rôle. Wigglesworth (1934) a obtenu, lui aussi, des adultes prématurés chez un Hémiptère hématophage (*Rhodnius*), soit en coaptant les sujets plus ou moins décapités, d'âges larvaires différents, soit par des décapitations d'animaux jeunes ? Nous ne pouvons discuter ici ses expériences; la différence de matériel et de techniques employés justifie, à notre sens, la rédaction de la présente Note.

PHYSIOLOGIE. — *Étude du rapport calcium/phosphore dans divers tissus, notamment dans les fémurs du lapin au cours de la croissance.* Note de M. **Jules Alquier** et de M[lle] **Andrée Michaux**, présentée par M. Emmanuel Leclainche.

Nous apportons une nouvelle contribution à l'étude du rapport Ca/P qui présente dans les tissus animaux un certain intérêt physiologique. Dans ce but, nous avons déterminé les teneurs centésimales et totales en calcium et en phosphore de plusieurs organes prélevés sur des lapins de portées différentes.

Les dosages, effectués selon les méthodes de M. Javillier et D. Djelatidès (¹), dans le *tissu osseux* (sur les deux fémurs), l'*estomac*, les *muscles striés*, les *reins*, le *foie* et le *cerveau* des animaux étudiés, ont été faits à diverses périodes de la croissance, à partir de la naissance jusqu'à l'âge adulte.

Les résultats analytiques montrent que les teneurs centésimales en calcium des tissus secs des *fémurs* s'élèvent constamment au cours du développement. Il en est de même des quantités totales de calcium existant dans les deux fémurs. Ces données concordent parfaitement entre elles chez les lapins ayant le même âge, et cela pour les deux portées auxquelles se rapporte le tableau ci-après.

On constate également une certaine analogie entre les teneurs totales des mêmes os en phosphore, bien que les teneurs centésimales en ce dernier élément présentent des variations assez importantes.

*Il en résulte que les rapports* Ca/P, *calculés d'après les données obtenues sur*

(¹) *Bull. Soc. Chim. Biol.*, 10, 1928, p. 342; *Ann. des Falsifications et des Fraudes*, 24, 1931, p. 133.

*les fémurs de lapins provenant des deux portées observées, diffèrent beaucoup entre eux les tout premiers jours; ils sont respectivement égaux à* 1,01 *et à* 2,22. Mais ensuite *les pourcentages en phosphore, d'apparence très irrégulière, s'opposant aux pourcentages de plus en plus élevés en calcium, contribuent à diminuer progressivement la différence constatée à la naissance entre les rapports obtenus pour ce tissu. Ces rapports se rapprochent peu à peu et tendent à se confondre en fin de croissance. Ils sont alors respectivement égaux pour les deux portées à* 1,69 *et à* 1,73.

Dans les autres organes, l'égalité entre les rapports Ca/P déterminés dans les deux portées s'établit dès le premier mois pour *l'estomac* et le *cerveau* et seulement à la fin du second mois pour les *muscles* et pour le *foie*.

*Le calcium et le phosphore dans les fémurs.* — Rapport Ca/P.

| Age des lapins. | Poids des lapins. | Teneurs pour 100g de tissu sec en calcium. | Teneurs pour 100g de tissu sec en phosphore. | Teneurs totales des deux fémurs en calcium. | Teneurs totales des deux fémurs en phosphore. | Rapport Ca/P. |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Portée I. | | | |
| 0 jour... | 68g | 8,974g | 8,839g | 8,4mg | 8,3mg | 1,01 |
| 16 » ... | 372 | 18,933 | 14,503 | 193,9 | 148,5 | 1,30 |
| 30 » ... | 760 | 19,729 | 12,082 | 552,3 | 338,2 | 1,63 |
| 65 » ... | 1730 | 20,973 | 12,372 | 1749,0 | 1031,8 | 1,69 |
| | | | Portée II. | | | |
| 6 » ... | 109 | 15,375 | 6,929 | 32,1 | 14,4 | 2,22 |
| 20 » ... | 360 | 18,849 | 9,177 | 199,0 | 96,9 | 2,05 |
| 34 » ... | 825 | 21,102 | 10,983 | 613,4 | 319,2 | 1,92 |
| 68 » ... | 1900 | 22,714 | 13,092 | 1898,7 | 1094,4 | 1,73 |
| | | | Adultes. | | | |
| | 3500 | 22,925 | 10,024 | 3083,7 | 1348,0 | 2,29 |
| | 4700 | 21,773 | 10,263 | 3665,2 | 1727,7 | 2,12 |

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action de l'acide ascorbique (vitamine C) sur la pigmentation du mycélium d'*Aspergillus niger *hypomagnésié et sur le développement de ce champignon.* Note de M. **Jean Lavollay** et Mme **Françoise Laborey**, présentée par M. Maurice Javillier.

Les poids d'*Aspergillus niger* récoltés sur un liquide nutritif défini sont, à temps de végétation égaux, fonction de la concentration en magnésium du milieu [1].

Lorsque la concentration en magnésium est faible, on note que la surface inférieure du mycélium et le liquide de culture présentent une coloration plus ou moins jaune. Nous avons observé le maximum de pigmentation pour la concentration de $0^{mg},42$ de magnésium pour $100^{cm^3}$ d'un liquide nutritif composé du mélange salin de Raulin [2] et de $5^{g}$ pour $100^{cm^3}$ de glucose.

Nous avons pensé être en présence d'un pigment respiratoire synthétisé par l'organisme lors d'une carence partielle en magnésium. Les premiers caractères de cette substance, notamment la fluorescence des solutions concentrées, nous ont amenés à la considérer comme appartenant sans doute au groupe des flavines.

Si le pigment est effectivement un transporteur d'hydrogène, il nous a paru intéressant de rechercher l'effet de l'addition au milieu d'un autre corps doué de la même propriété.

*L'acide ascorbique ajouté au milieu à la concentration de $4^{mg}$ pour $100^{cm^3}$ supprime presque totalement l'apparition du pigment jaune.* Nous avons constaté qu'il ne s'agit pas d'une décoloration par réduction, mais d'une diminution dans la formation du pigment.

L'addition d'acide ascorbique a en outre pour effet d'augmenter le poids de mycélium obtenu en un temps donné, et ceci quelle que soit la concentration en magnésium. L'augmentation de poids a d'ailleurs été assez variable d'une expérience à l'autre et suivant les concentrations en magnésium.

---

(1) J. Lavollay et Mme F. Laborey, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1686.

(2) Sauf le manganèse et le zinc utilisés aux concentrations indiquées par M. Javillier et le magnésium en quantité variable sous forme de chlorure.

*Amélioration de la récolte sèche après 62 heures de culture à l'étuve à 33°, par addition au liquide de 4^mg d'acide ascorbique pour 100^cm³.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Concentration du milieu en magnésium (en mg p. 100cm³) | 0,105. | 0,22. | 0,42. | 0,63. | 0,84. | 1,68. | 2,10 |
| Nombre d'expériences | 2 | 6 | 8 | 3 | 7 | 4 | 3 |
| Augmentation de poids pour 100 des témoins | 30,5 | 27,1 | 26 | 8,6 | 15,8 | 15 | 18,8 |

En présence d'acide ascorbique, la germination est accélérée; le voile se forme avec plusieurs heures d'avance; la face inférieure du mycélium présente des plis plus fins et plus nombreux que le mycélium normal. A concentration en magnésium égale, la sporulation apparaît plus tôt que chez les témoins.

En résumé, lorsque la teneur en magnésium est insuffisante, l'acide ascorbique inhibe la formation du pigment jaune; en outre, et indépendemment de la concentration en magnésium, l'acide ascorbique accélère la croissance d'Aspergillus et, en un temps donné, augmente la masse de matière vivante formée.

Or, normalement, cet acide ne se trouve ni dans le mycélium, ni dans le liquide de culture, à aucun moment de la végétation sur milieu de Raulin. (Recherche effectuée par l'étude cinétique de la réduction du 2-6-dichlorophénol-indophénol d'après la technique de Meunier) [3]. Il ne s'y trouve pas non plus sous sa forme oxydée. (Même technique que précédemment après réduction prolongée par $H^2S$.)

Nous pensons pouvoir expliquer l'action favorable de l'acide ascorbique (vitamine C) au cours des expériences précitées en le considérant comme un auxiliaire d'un autre transporteur d'hydrogène, normalement présent, et qui serait sans doute la lactoflavine (vitamine $B^2$).

(3) *Ann. des Fermentations*, 3, 1937, p. 157.

MICROBIOLOGIE. — *Antistreptococciques.* Extrait du Pli cacheté sur *L'activité et la toxicité de corps dérivés de la benzène-sulfamide*, déposé par MM. **Rodolphe L. Mayer** et **Charles Oechslin** le 9 novembre 1936, enregistré sous le n° 11222 et ouvert à la demande des auteurs le 5 juillet 1937.

Action sur la souris saine ou infectée par le Streptocoque hémolytique.

Des recherches antérieures ont démontré que certains corps sulfamidés possèdent une activité antistreptococcique vis-à-vis d'un organisme infecté. Ces corps sulfamidés sont, par exemple, les azoïques sulfamidés, les bases de Schiff sulfamidées et les corps provenant de l'hydrogénation des dernières, les amines sulfamidées. Ces substances, administrées avant l'infection, en préviennent le développement, et données au moment propice, elles guérissent cette infection. Au contraire elles se montrent complètement inactives *in vitro*.

Le fait que ces agents microbicides se montrent inactifs *in vitro* indique que le principe directement actif est formé grâce à la collaboration de l'organisme vivant.

Admettant la possibilité que les amines, introduites dans l'organisme et oxydées dans l'organisme, agissent directement sur les bactéries, nous avons essayé les corps suivants :

*p*-nitrobenzène-sulfamide;
*p*-nitrosobenzène-sulfamide;
*p*-hydroxylaminobenzène-sulfamide;
Azoxybenzène-*p*-*p'*-sulfamide;
Hydrazobenzène-*p*-*p'*-sulfamide;
*p*-sulfamidobenzène-hydrazine.

En effet, certains de ces corps se sont montrés, par leur activité, très supérieurs même aux corps aminés les plus actifs.

(Suivent des expériences détaillées aboutissant aux conclusions ci-dessous.)

. . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . . .

La *p*-nitrobenzène-sulfamide est 3 à 4 fois plus toxique que l'amino-benzène-sulfamide, si l'on se base sur la dose minima nocive; elle est environ 15 fois plus toxique si l'on compare les doses mortelles. Mais l'activité est plusieurs fois, au moins 5 fois, plus grande.

Parmi les dérivés intermédiaires entre amino et nitro, le corps le plus

actif est le nitroso; tous les autres (à l'exception du dérivé hydrazo et des dérivés de l'hydrazine qui sont pratiquement inactifs) sont aussi ou presque aussi actifs que la benzylaminobenzène-sulfamide.

Nous ajoutons que, dans l'essai *in vitro*, le dérivé nitro est aussi inactif que les azoïques sulfamidés; l'amino est actif jusqu'à la concentration $1/1500^e$ au maximum; par contre, le corps *p*-hydroxylaminobenzène-sulfamide tue les streptocoques jusqu'à une dilution de $1/100000^e$.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Transmission de la fièvre jaune par un moustique paléarctique répandu dans la région parisienne*, *l'*Aëdes geniculatus *Oliv.* Note de MM. **Émile Roubaud**, **Jacques Colas-Belcour** et **Georges Jean Stefanopoulo**, présentée par M. Félix Mesnil.

L'*Aëdes* (*Finlaya*) *geniculatus* est un moustique assez étroitement apparenté aux Stégomyies et qui se développe comme elles dans de petites collections d'eau. Ses gîtes larvaires sont exclusivement constitués par les cavités des troncs d'arbres. Répandu en Europe dans les forêts et les bois des régions tempérées froides, il a été aussi, mais exceptionnellement, signalé en Asie-Mineure et en Algérie. L'*Aëdes geniculatus* est parfois rencontré notamment dans la région parisienne, même dans les parcs et jardins des grandes agglomérations. Il pique voracement, pendant la saison chaude, les hommes et les animaux, pénétrant parfois dans les maisons situées au voisinage de ses gîtes.

Sa vaste répartition géographique en Europe rendait nécessaire de rechercher s'il pouvait éventuellement, à l'instar des Stégomyies, jouer un rôle vecteur à l'égard de la fièvre jaune. Nous avons à ce sujet effectué l'expérience suivante :

Le 27 mai, une dizaine de femelles d'*Aëdes geniculatus*, nouvellement écloses de larves récoltées en Normandie et élevées au laboratoire, font un repas infectant sur le singe (*M. rhesus*) n° 750. Huit d'entre elles piquent et se gorgent de sang. Ce singe avait été inoculé le 25 mai avec un virus actif (émulsion fraîche de foie virulent d'un singe jauneux sacrifié à l'agonie). Cette souche de virus, isolée de l'homme depuis une dizaine d'années, était, depuis l'origine, entretenue uniquement sur singe.

La présence du virus dans le sang du singe donneur au moment du repas des moustiques fut contrôlée par inoculation du sang à cinq souris qui,

toutes, moururent de fièvre jaune. Le singe donneur fait une infection grave dont il meurt le 5e jour.

Les huit moustiques ayant piqué ce singe sont conservés à 30-35° et nourris d'eau légèrement sucrée jusqu'au 10 juin. A cette date (14e jour après le repas infectant), trois d'entre eux consentent à piquer et se gorgent sur le singe récepteur n° 754. Le 14 juin (18e jour), quatre autres moustiques piquent le même animal récepteur qui est encore piqué le 17 (21e jour) par les deux derniers moustiques. Cinq jours après les premières piqûres, 48 heures après les secondes, le singe tombe malade. Le 18 juin, sa température s'élève brusquement (40°,5) et le 23 juin l'animal succombe à une fièvre jaune mortelle (foie couleur chamois, présence de *vomito negro* dans l'estomac, lésions histologiques hépatiques typiques : dégénérescence graisseuse, bouleversement des travées, nécrose des cellules, etc.), avec présence du virus confirmée sur la souris.

Le 18 juin (22e jour après le repas infectant), les moustiques restants sont broyés et inoculés à 8 souris qui meurent de fièvre jaune dans les délais habituels.

Ces résultats montrent que l'*Aëdes geniculatus*, au moins dans les conditions expérimentales énoncées, peut constituer un vecteur sévère de fièvre jaune. Ce moustique d'Europe s'ajoute à la liste déjà longue des espèces culicidiennes, jusqu'ici toutes tropicales, reconnues expérimentalement capables de véhiculer la grave affection. Si certaines d'entre elles, comme *Aëdes* (*Stegomyia*) *aegypti* et *Aëdes vittatus* peuvent exceptionnellement se rencontrer dans l'Europe méridionale, l'*Aëdes geniculatus* représente, lui, le premier moustique d'habitat franchement paléarctique chez lequel un semblable pouvoir pathogène a pu être mis en évidence.

La séance est levée à 15h20m.

E. P.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 28 juin 1937.)

Note de M. *A. Lacroix*, Sur un nouveau type basaltique, forme d'épanchement d'une norite et comparable, au point de vue chimicominéralogique, aux météorites feldspathiques :

Page 1912, ligne 6, en remontant, *au lieu de* [p.1.1.(2)3], *lire* [1.1.1.(2)3].

En note : ligne 1, en remontant, *au lieu de* hyperothène, *lire* hypersthène;

ligne 3, en remontant, *au lieu de* 2 roches sont donc à rapprocher des galbros, *lire* 2, ces roches sont donc à rapprocher des gabbros.

(Séance du 21 juin 1937.)

Note de MM. *Maurice Favrelle* et *Georges de Vichet*, Résultats de la fécondation par un mâle d'Algérie, de femelles parthénogénétiques françaises du *Bacillus rosii* Rossi (Plasmidæ) :

Page 1900, ligne 19, *au lieu de* 38 chromosomes, *lire* 36 chromosomes.